

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**TELAS FOTOSSELETIVAS NA PRODUÇÃO DE
CULTIVARES DE MANJERICÃO EM DUAS ÉPOCAS
DE PLANTIO**

MIRIAN NOMURA

2020

MIRIAN NOMURA

**TELAS FOTOSSELETIVAS NA PRODUÇÃO DE
CULTIVARES DE MANJERICÃO EM DUAS ÉPOCAS
DE PLANTIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz

UBERLÂNDIA
Minas Gerais, Brasil
2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

N811 2020	<p>Nomura, Mirian, 1973- Telas fotosseletivas na produção de cultivares de manjerição em duas épocas de plantio [recurso eletrônico] / Mirian Nomura. - 2020.</p> <p>Orientador: José Magno Queiroz luz. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.694 Inclui bibliografia.</p> <p>1. Agronomia. I. luz, José Magno Queiroz, 1967-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós- graduação em Agronomia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese de Doutorado, 011/2020 PPGAGRO				
Data:	Treze de outubro de dois mil e vinte	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:10
Matrícula do Discente:	11713AGR020				
Nome do Discente:	Mirian Nomura				
Título do Trabalho:	Telas fotossseletivas na produção de cultivares de manjeriçao em duas épocas de plantio.				
Área de concentração:	Fitotecnia				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Roberta Camargos de Oliveira - pesquisadora; Carlos Ribeiro Rodrigues - IF Goiano; Arie Fitzgerald Blank - UFS; Sérgio Macedo Silva - UFMG; José Magno Queiroz Luz - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. José Magno Queiroz Luz, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por **José Magno Queiroz Luz, Professor(a) do Magistério Superior**, em 13/10/2020, às 17:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberta Camargos de Oliveira, Usuário Externo**, em 13/10/2020, às 17:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Arie Fitzgerald Blank, Usuário Externo**, em 13/10/2020, às 17:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **SÉRGIO MACEDO SILVA, Usuário Externo**, em 13/10/2020, às 17:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Ribeiro Rodrigues, Usuário Externo**, em 13/10/2020, às 17:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2282194** e o código CRC **305B0656**.

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido, Daniel Rizoto Padovani, que sempre me incentivou e apoiou na realização deste sonho e nos momentos mais difíceis. O seu “vai dar tudo certo” sempre me deu força para continuar. À minha filha, Luana Nomura Rizoto Padovani, que mesmo sentindo minha ausência me encorajou e me deu muito amor para que eu buscasse esse título. Aos meus familiares, meu irmão Rogério e minha irmã Nilce, à família Rizoto, Virgínia, Divino, Angélica, Bárbara e Pedro Paulo, pelo apoio e acolhida nos momentos que precisei.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz, pela orientação, conselhos, suporte, confiança e paciência nesta jornada.

À Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade e por todo suporte para a realização das minhas atividades acadêmicas. À Universidade do Estado de Minas Gerais, que cedeu área experimental, laboratórios e materiais para que eu realizasse meus experimentos.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, Muriel, Bruno, Clélia, Max, Ismael, Eloá, Laura (*in memoriam*) e Ubiramar pelo apoio. Ao engenheiro agrônomo Joel Soares Vieira, que realizou o empréstimo de materiais fundamentais na realização do experimento. Agradeço, a Roberta Camargos de Oliveira, a doação de mudas de manjeriço.

À Universidade Federal de Sergipe e ao professor Arie Fitzgerald Blank na parceria firmada, fundamental ao desenvolvimento do experimento.

Ao Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues do Instituto Federal Goiano, que gentilmente cedeu seu tempo e aparelho, úteis à avaliação do experimento.

Ao colega de doutorado e professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, unidade de Ituiutaba, Júlio César Delvaux, pelo auxílio na avaliação do experimento.

Aos meus alunos do curso de Agronomia da Universidade do Estado de Minas Gerais, Ana Carolina, Renato, Rogério, Denis, Alan e Melise, que me ajudaram na árdua tarefa de avaliar meus experimentos. Aos meus colegas de doutorado e meu amigo João pela companhia, conversas, risadas, trocas de experiência e estudos em grupo.

Aos meus pais: Bento Nomura (in memoriam) e Sumiê Hiraoka Nomura, agricultores familiares que muito me influenciaram nas minhas escolhas profissionais e que são um grande exemplo de superação em minha vida.

RESUMO

NOMURA, Mirian. **Telas fotosseletivas na produção de cultivares de manjeriço em duas épocas de plantio**. 2020. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021¹

O manjeriço, espécie *Ocimum basilicum* L., é uma erva aromática, cujo óleo essencial é utilizado como matéria-prima industrial. Todavia, sua biossíntese apresenta uma grande variação em razão da interferência de fatores climáticos, genéticos e tecnológicos. O uso de telas fotosseletivas representa uma alternativa para maximizar o potencial produtivo desta espécie. Com isso objetivou-se avaliar o efeito de telas fotosseletivas (Pérola, azul, vermelha e preta) na fluorescência da clorofila, na produção de biomassa e teor e composição de óleo essencial de quatro cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivados em época de primavera/verão e outono/inverno. Os experimentos das duas épocas foram em delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, testando nas parcelas cinco ambientes de cultivo (três malhas fotosseletivas Chromatinet[®] nas cores pérola, azul e vermelha, todas com 20% de sombreamento, e tela preta com 30% de sombreamento, e um ambiente de cultivo a pleno sol), e nas subparcelas quatro cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita). Foi realizado contraste, utilizando-se o teste de Scheffé, para comparação do cultivo sob telas e a pleno sol. Os dados das duas épocas de cultivo foram submetidos a análise de variância conjunta e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O cultivo de manjeriço sob telas fotosseletivas aumentou a altura de plantas. A tela azul para as cultivares Anise e Maria Bonita, pérola para Cinnamon e vermelha para Italian Large Leaf proporcionaram maior biomassa fresca da parte aérea em cultivo de primavera/verão. O rendimento do óleo essencial não foi afetado pelas telas, porém pela época, sendo maior no cultivo de primavera/verão. Esta época, também proporcionou melhores condições para o funcionamento do aparato fotossintético das plantas e acarretou maiores teores do óleo essencial e de seus principais constituintes. A cultivar Maria Bonita apresentou melhor rendimento do aparato fotossintético e, conseqüentemente, maior teor de óleo essencial. As telas não promoveram variação nos índices de fluorescência da clorofila e no teor de óleo essencial, porém alteraram a concentração dos principais constituintes dos óleos essenciais de todas as cultivares. A tela azul no cultivo de primavera/verão aumentou o teor de linalol nas cultivares Cinnamon e Maria Bonita. A tela vermelha aumentou o teor de linalol na cultivar Italian Large Leaf e de metil chavicol nas cultivares Anise e Cinnamon em cultivo de primavera/verão. A tela pérola em cultivo de primavera/verão elevou o teor de (E)-cinamato de metila na cultivar Cinnamon.

Palavras-chave: *Ocimum basilicum*. Telas fotoconversoras. Fluorescência da clorofila.

¹ Orientador: José Magno Queiroz Luz, UFU

ABSTRACT

NOMURA, MIRIAN. **Photoselective screens in the production of basil cultivars in two planting seasons.** 2020. 98 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy/Phytotechnics) — Federal University of Uberlândia, MG¹

Basil, species *Ocimum basilicum* L. is an aromatic herb, whose essential oil is used as an industrial raw material. However, its biosynthesis varies greatly due to the interference of climatic, genetic and technological factors. The use of photoselective screens represents an alternative to maximize the productive potential of this species. The objective is to evaluate the effect of photoselective screens (Pearl, blue, red and black) on the chlorophyll fluorescence, biomass production and essential oil content and composition of four basil cultivars (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf and Maria Bonita), grown in spring/summer and fall/winter. The experiments of the two seasons were in a randomized block design, in a split plot scheme, testing five cultivation environments on the plots (three Chromatinet[®] photoselective screens in pearl, blue and red colors, all with 20% shading, and black screen with 30% shading, and a growing environment in full sun), and in the subplots four basil cultivars (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf and Maria Bonita). Contrast was performed, using the Scheffé test, to compare the culture under screens and in full sun. The data of the two growing seasons were submitted to joint analysis of variance and compared by the Tukey test at 5% probability. The cultivation of basil under photoselective screens increased the plant height, the blue screen for the cultivars Anise and Maria Bonita, pearl for Cinnamon and red for Italian Large Leaf provided greater fresh biomass of the aerial part in spring/summer cultivation. The essential oil yield was not affected by the screens, but by the season, being higher in the spring/summer cultivation. This season also provided better conditions for the functioning of the photosynthetic apparatus of the plants and resulted in higher levels of essential oil and its main constituents. The cultivar Maria Bonita showed the better performance of photosynthetic stoee and, consequently, higher content of essential oil. The screens did not promote variation in the chlorophyll fluorescence indices and the essential oil content, but they did change the concentration of the main constituents of the essential oils of all cultivars. The blue screen in the spring/summer cultivation increased the linalool content in the Cinnamon and Maria Bonita cultivars. The red screen increased the linalool content in the Italian Large Leaf cultivar and methyl chavicol in the Anise and Cinnamon cultivars in spring/summer cultivation. The pearl mesh in spring/summer cultivation increased the content of methyl (E)-cinnamate in the cultivar Cinnamon.

Keywords: *Ocimum basilicum*. Photoconverter screens. Chlorophyll fluorescence.

¹ Advisor: José Magno Queiroz Luz, UFU

LISTA DE FIGURAS

1	Cultivar Anise (a), Cinnamon (b), Italian Large Leaf (c) e Maria Bonita (d) cultivadas na fazenda experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais em época de primavera/verão e outono/inverno	30
2	Ambientes de cultivo do experimento época de primavera/verão e outono/inverno	31
3	Cultivar Anise (a), Cinnamon (b), Italian Large Leaf (c) e Maria Bonita (d) cultivadas na fazenda experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais em época de primavera/verão e outono/inverno	52
4	Ambientes de cultivo do experimento época de primavera/verão e outono/inverno	53

LISTA DE TABELAS

1	Dados médios meteorológicos durante o período de condução dos experimentos de primavera/verão e outono/inverno em Ituiutaba/MG	32
2	Contraste das variáveis altura (cm), biomassa fresca (g planta ⁻¹) e seca da parte aérea (g amostra ⁻¹), biomassa fresca de folha e inflorescência (g planta ⁻¹) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno), comparando o cultivo em ambientes com telas (azul, pérola, preto e vermelha) com o cultivo a pleno sol	36
3	Altura de plantas (cm) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	37
4	Biomassa fresca de parte aérea (g planta ⁻¹) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha) e em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	38
5	Biomassa fresca da parte aérea (g planta ⁻¹) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha) e em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	39
6	Biomassa fresca de folhas (g planta ⁻¹) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	40
7	Biomassa fresca de inflorescência (g planta ⁻¹) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	41
8	Biomassa seca da parte aérea (g amostra ⁻¹) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha)	41
9	Contraste de rendimento de óleo essencial (mL planta ⁻¹) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas (primavera/verão e outono/inverno), comparando-se o cultivo sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha) com o cultivo a pleno sol	42
10	Rendimento de óleo (mL planta ⁻¹) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha) e em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	42
11	Dados médios meteorológicos durante o período de condução dos experimentos de primavera/verão e outono/inverno em Ituiutaba/MG	54
12	Contrastes de Índice de clorofila “a” (ICF) e “b” (ICF) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno), comparando o cultivo em ambientes com telas (azul, pérola, preto e vermelha) com o cultivo a pleno sol	59
13	Médias de índice de clorofila “a” (ICF) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	60
14	Médias de índice de clorofila “a” (ICF) A de plantas de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em ambientes com telas (azul, pérola, preto e vermelha)	61
15	Índice de clorofila “a” (IFC) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita)	61
16	Índice de clorofila “b” (IFC) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em diferentes ambientes (telas azul, pérola, preta e vermelha) e em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	62
17	Contrastes de variáveis de fluorescência da clorofila (F _I , F _M , F _V , F _V /F _M , Area, S _M , φ _{P0} , φ _{D0} , ABS/RC) de cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon, Italian Large	

	Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno), comparando o cultivo em ambientes com telas (azul, pérola, preto e vermelha) com o cultivo a pleno sol	63
18	Médias de F_I , F_V , F_V/F_M , Area e S_M de cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno) e em diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preto e vermelha)	64
19	Médias de F_M de cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	65
20	Médias de F_V/F_M de cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita)	66
21	Médias de φ_{P_o} , φ_{D_o} e ABS/RC de cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	67
22	Médias de φ_{D_o} de cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita)	67
23	Contraste do teor de óleo essencial de cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno) comparando o cultivo em diferentes ambientes (telas azul, pérola, preto e vermelha) e a pleno sol	69
24	Médias de teor de óleo essencial (%) de cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)	69
25	Médias de teor de óleo essencial (%) de cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita)	70
26	Teor dos principais constituintes do óleo essencial (%) das cultivares Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita cultivadas em diferentes ambientes (tela azul, pérola, preta e vermelha) em épocas de primavera/verão e outono/inverno (UFU, 2020)	71

LISTA DE QUADROS

- 1 Parâmetros de fluorescência, eficiência quântica e fluxos de energia medidos pela Fluor Pen utilizados no experimento de primavera/verão e outono/inverno 56

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1 Introdução geral	1
2 Referencial teórico	4
2.1 Origem, características botânicas e cultivares de manjeriço	4
2.2 Óleo essencial de manjeriço e fatores que influenciam sua produção	5
2.3 Radiação solar e qualidade luminosa	6
2.4 Telas fotoseletivas	7
2.5 Efeito de telas fotoseletivas em plantas aromáticas	10
Referências	15
CAPÍTULO 2 – TELAS FOTOSSELETIVAS NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL EM CULTIVARES DE MANJERICÃO	25
Resumo	25
Abstract	26
1 Introdução	27
2 Material e métodos	29
2.1 Localização do experimento	29
2.2 Delineamento experimental e tratamentos	29
2.2.1 Cultivares	29
2.3 Instalação e condução do experimento	30
2.4 Avaliação	33
2.4.1 Variáveis agronômicas	33
2.4.2 Rendimento de óleo essencial	33
2.5 Análise estatística	34
3 Resultados e discussão	36
3.1 Variáveis agronômicas	36
3.2 Rendimento de óleo essencial	42
4 Conclusões	43
Referências	44
CAPÍTULO 3 – TELAS FOTOSSELETIVAS, FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM MANJERICÃO	47
Resumo	47
Abstract	48
1 Introdução	49
2 Material e métodos	51
2.1 Localização do experimento	51
2.2 Delineamento experimental e tratamentos	51
2.2.1 Cultivares	51
2.3 Instalação e condução do experimento	52
2.4 Avaliação	55
2.4.1 Índices de clorofila e fluorescência	55
2.4.2 Teor e composição química do óleo essencial	56
2.5 Análise estatística	58
3 Resultados e discussão	59
3.1 Índices de clorofila e fluorescência	59
3.2 Teor e composição do óleo essencial	68
4 Conclusões	75
Referências	76
Anexo	82

CAPÍTULO 1

1 Introdução geral

Espécie originária da Ásia, o manjeriço (*Ocimum basilicum* L., família Lamiaceae) se encontra cultivada no mundo todo, com potencial econômico elevado, pois apresenta uma diversidade ampla de usos. Pode ser planta ornamental, aromática, condimentar ou medicinal (PEREIRA; MOREIRA, 2011). A maior relevância do ponto de vista econômico está na utilização como matéria-prima para uso industrial. Das folhas, flores e sementes do manjeriço, é possível extrair o óleo essencial, produto valorizado no mercado, ou seja, utilizado na indústria farmacêutica, cosmética, de perfumaria e na aromatização de alimentos e bebidas. O óleo tem ação antimicrobiana e antioxidante. Também apresenta atividades inseticidas e repelentes. Há relatos de uso para tratar infecções, como analgésico e como antitérmico e expectorante (MAY et al., 2019).

O mercado global de óleos essenciais como o de manjeriço vem crescendo, de modo que se observa aumento na demanda para fabricar produtos alimentícios e farmacológicos, de higiene pessoal e cosmética, além da aromaterapia. O aumento das atividades de pesquisa e desenvolvimento, com a inovação nas técnicas de extração, tende a impulsionar o crescimento deste mercado. As taxas de industrialização e urbanização na Índia, na China, no México e no Brasil influenciaram as indústrias de uso final, o que, por sua vez, aumentou a demanda por produtos aromáticos (MARKET RESEARCH REPORT, 2019).

Nesse mercado, há muitas possibilidades a serem exploradas, pois existem, pelo menos, trezentos óleos essenciais de interesse comercial no mundo (BIZZO, 2013). Segundo Yan et al. (2019), o mercado global testemunha a maior taxa de crescimento, e as projeções são para atingir US\$ 3.226,2 milhões até 2025. Estima-se que se pode alcançar 403 mil toneladas até 2025, com crescimento anual de 8,6% nesse período (MARKET RESEARCH REPORT, 2019).

Os óleos essenciais das plantas são resultantes do seu metabolismo secundário. Segundo Taiz e Zeiger (2013), esses metabólitos secundários têm

funções ecológicas importantes nos vegetais, como a proteção da planta contra o ataque de herbívoros e microrganismos patogênicos. Agem como atrativos, ou seja, dão odor, cor ou sabor às plantas pela atração de polinizadores, além de atuarem como agentes na competição planta–planta e nas simbioses plantas–microrganismos.

Dessa forma, a produção de óleo essencial nas plantas depende da interação entre genótipo e ambiente, mas pode variar. Isso ocorre porque fatores abióticos como temperatura, fornecimento de água, intensidade luminosa, qualidade espectral da luz, condições do solo e outros podem influenciar na fotossíntese, na respiração e no transporte de solutos; mais que isso, podem modificar o metabolismo secundário das plantas, responsável pela produção de óleos essenciais e outras substâncias. Além disso, o metabolismo secundário responde diretamente a fatores de estresse bióticos como herbivoria, ataque de patógenos e outros.

Assim, com vistas a determinar condições ideais para obter rendimentos elevados do óleo e seus constituintes de mais interesse no mercado, a tecnologia agrônômica moderna tem apresentado alternativas para modular o ambiente de cultivo; por exemplo, as telas fotosseletivas, que têm filtros espectrais com capacidade de transmitir seletivamente certos comprimentos de ondas. O cultivo de plantas utilizando malhas coloridas representa um novo conceito agrotecnológico que objetiva combinar proteção física com filtragem diferencial da radiação solar e, assim, promover respostas fisiológicas desejáveis reguladas pela luz. Esta, por sua vez, representa o fator principal no controle do crescimento e desenvolvimento das plantas, que são afetadas de maneira complexa pela irradiação em todos os estágios de seu desenvolvimento (RIBEIRO, 2015).

As telas, de acordo com cada cor, alteram o espectro de luz por ela filtrado, determinando intensidades e comprimentos de onda diferentes. A malha fotoconversora azul acrescenta ondas à faixa espectral de 470 nm, e a vermelha transmite luz na faixa acima de 590 nm (BRANT et al., 2008). A tela pérola pode transmitir maior quantidade de luz difusa e baixa transmissão de radiação ultravioleta. A tela preta, por sua vez, reduz a incidência de radiação direta, proporcionando um microclima com menor temperatura e maior sombreamento.

Sabe-se que a qualidade espectral tem efeitos diretos na síntese de pigmentos fotossintéticos, na fluorescência da clorofila e nas taxas de fotossíntese líquida. Além dos efeitos diretos na fotossíntese, sabe-se que a qualidade espectral, também, atua em processos fotomorfogênicos nas plantas, exercendo influência no desenvolvimento vegetal e no metabolismo secundário das plantas. Com isso, acarreta respostas na produção de biomassa e no rendimento e na composição do óleo essencial (COSTA et al., 2012).

Cabe ressaltar que o efeito das telas deve ser analisado em uma perspectiva ampla, que envolva fatores como os estágios fisiológicos das plantas, em que cada um pode ser regulado diferentemente pela luz e por fatores sazonais, inerentes ao local e à época de plantio; é o caso da temperatura, umidade, quantidade e qualidade da luz natural (SHAHAK; GUSSAKOVSKY, 2004).

Ainda que a produção de metabólitos secundários seja controlada geneticamente, estresses ambientais e situações climáticas específicas podem afetar sua biossíntese e conteúdo nas plantas de manjeriço. Assim, a composição do óleo essencial é resultado da interação do genótipo de cada cultivar com as condições climáticas. Dessa forma, o resultado proporcionado pelas telas dependerá do material genético utilizado e da variação sazonal do clima: cada estação do ano pode influenciar diferentemente o funcionamento do aparato fotossintético das plantas, pois o Fotossistema II é um componente sensível aos estímulos luminosos e aos possíveis estresses provocados pelas condições climáticas.

A fluorescência da clorofila é uma ferramenta que tem sido utilizada para avaliar o rendimento do aparato fotossintético das plantas. Seus parâmetros permitem analisar a absorção e o aproveitamento da energia luminosa através do Fotossistema II e as possíveis relações com a capacidade fotossintética. E essa análise pode auxiliar no entendimento de como as telas fotosseletivas interferem na produção de óleo essencial em plantas aromáticas como o manjeriço.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito de telas fotosseletivas em cultivares de manjeriço em diferentes épocas de plantio, buscando-se verificar os efeitos nos caracteres agrônômicos e no funcionamento do aparato fotossintético por meio do índice e da fluorescência de clorofila e como isso se desdobra na produção e composição de óleo essencial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem, características botânicas e cultivares de manjeriço

O manjeriço, *Ocimum basilicum* L., espécie da família Lamiaceae, é originário da Ásia, região do oriente médio, sendo encontrado em estado espontâneo na Índia, como também no norte da África. *Ocimum* quer dizer perfumado e *basilicum* vem do grego *basilikum*, que significa erva rainha, no Brasil, popularmente recebe diversos nomes, como manjeriço, manjeriço-doce, basilicão, alfavaca, alfavaca cheirosa, dentro outros (MINAMI et al., 2007).

A espécie é um subarbusto muito ramificado de 0,6 a 1 metro de altura, possui caule e ramos pilosos quando novos, as folhas são opostas de formato e tamanho variado conforme a cultivar, a inflorescência é do tipo cimeira espiciforme, as flores podem ser brancas, rosas ou arroxeadas e labiadas. O fruto é tipo aquênio, com sementes pequenas, pretas e oblongas (COUTO, 2006). O manjeriço pode ser cultivado como planta anual ou perene, existindo a possibilidade de vários cortes dependendo das condições climáticas onde é cultivado (PEREIRA; MOREIRA, 2011).

Segundo Blank et al. (2004), existem mais de 60 variedades de *Ocimum basilicum* L., sendo que a ocorrência de polinização cruzada pode dificultar a classificação dessas variedades. Os diferentes genótipos de manjeriço podem ser classificados de acordo com o aroma em doce, limão, cinamato ou canela, cânfora, anis e cravo.

Outro tipo de classificação pode ser utilizado. Baseia-se se nas características morfológicas como porte, formato da copa, tamanho e coloração da folhagem. O conteúdo de óleo essencial é outro critério da classificação do manjeriço. Vargas et al. (2017) classificaram 85 acessos de manjeriço estudados em cinco quimiotipos: Linalol; Linalol/trans- α -bergamoteno; Linalol/metil chavicol; Linalol/cinamato trans-metílico e; Metil chavicol. Carovic-Stanko et al. (2011), ao avaliarem a variabilidade morfológica de 97 acessos de *Ocimum basilicum*, classificaram os materiais genéticos agrupando-os nos seguintes tipos: folha de alface; folha pequena, manjeriço-verdadeiro e manjeriço-roxo.

2.2 Óleo essencial de manjeriço e fatores que influenciam sua produção

O óleo essencial pode ser extraído das folhas e ápices com inflorescências, sendo o óleo mais valorizado no mercado o de manjeriço tipo Europeu, cujos principais constituintes são linalol e metil-chavicol (estragol). Os vários tipos de manjeriço existentes apresentam diferentes composições químicas (BLANK, 2004).

Segundo Minami et al. (2007), as principais substâncias encontradas no manjeriço são: o metil-chavicol, ou seja, o estragol, de aroma anis e muito usado em conservas, doces, vinhos aromáticos, vinagres especiais, outras bebidas e temperos; o linalol, substância mais abundante nas plantas de manjeriço (responde pelo aroma típico da espécie e é comumente usado na fixação de perfumes); cineol; cânfora; eugenol, substâncias líquidas incolor ou levemente amarelada utilizadas por médicos e dentistas, e com o processo de oxidação, o eugenol dá origem à vanilina, que é a substância aromática da baunilha; e outras substâncias como o cinamato de metila, timol, alfa-pinemo, citral.

Vargas et al. (2017), ao realizarem análises bioquímicas intraespecífica em 85 acessos de manjeriço, encontraram 77 voláteis, sendo sete deles em concentrações superiores a 10% (1,8-cineol, linalol, acetato de linalol, metil chavicol, eugenol, transmetil cinamato, trans- α -bergamoteno). O linalol foi o constituinte dominante na maioria das amostras.

Como mencionado, existe grande quantidade de acessos de *Ocimum basilicum* L., e diferentes estudos têm demonstrado que o conteúdo de óleo essencial pode variar em função do material genético utilizado (AKBARI, et al., 2018; BLANK et al., 2005; BLANK et al., 2007b; BLANK et al., 2010; ILIĆ et al., 2019; PADALIA et al., 2017; VARGAS et al., 2017).

Além disso, como a produção de óleo essencial depende da interação do genótipo com fatores ambientais, bióticos e abióticos, seu rendimento e sua composição podem sofrer variações decorrentes de diferentes fatores. Aspectos como a fase de desenvolvimento da planta na época da colheita (JANNUZZI et al., 2019; PADALIA et al., 2017; SILVA et al., 2003), o horário de colheita (ALCANTARA et al., 2018; CARVALHO FILHO, 2006), o método de secagem das plantas no pós-colheita (CHUA et al., 2019; ROSADO et al.,

2011; SOUZA et al., 2020) já foram relacionados com a variação nos teores de óleo essencial do manjeriço.

Há trabalhos que demonstram que a produção de biomassa e o teor do óleo essencial de manjeriço têm influência de fatores como a intensidade luminosa (MORAIS, 2009), de técnicas agronômicas, como a fertilização (BURDUCEA et al., 2018; BURDUCEA et al., 2019; LUZ et al., 2009; MATOS et al., 2016; RESENDE, 2010), o fornecimento de água às plantas (PRAVUSCHI et al., 2010) e condição de salinidade do solo (AKBARI, et al., 2018).

A síntese de óleo essencial em plantas aromáticas sofre a influência de fatores como temperatura, umidade, intensidade de luz, que, por sua vez, estão relacionados com a época de plantio (REHMAN et al., 2016). Resende (2010), Luz et al. (2014), Smitha e Tripathy (2016), Padalia et al. (2017), Stagnari et al. (2018) Pinto et al. (2019), avaliando os efeitos da sazonalidade no cultivo do manjeriço, comprovaram o efeito dos fatores das épocas de cultivo no rendimento da cultura. Botrel et al. (2010) verificaram que houve influência das estações de cultivo na concentração relativa dos componentes majoritários do óleo essencial de *Hyptis marruboides* (Lamiaceae). Blank et al (2007a), analisando o efeito da sazonalidade no teor de óleo essencial de citronela, concluíram que as estações de cultivo afetam significativamente a composição química do óleo. Também Padalia et al. (2017) verificaram diferenças na composição química do óleo essencial de manjeriço em diferentes estações do ano na Índia.

2.3 Radiação solar e qualidade luminosa

Dentre os principais fatores que interferem na produção de óleo essencial em plantas aromáticas como o manjeriço, destaca-se a radiação solar incidente nas plantas. A luz é o principal fator no controle do crescimento e desenvolvimento das plantas, que são afetadas de maneira complexa pela irradiação em todos os estágios de seu desenvolvimento. A arquitetura das plantas é dependente da quantidade, direção, duração e qualidade da luz. A luz regula fatores fundamentais no vegetal como a fotossíntese, a temperatura foliar, a produção de pigmentos etc.; e é um fator chave na produção final de

muitos compostos porque fornece a energia necessária para fixar o carbono (RIBEIRO, 2015).

As plantas captam energia luminosa por meio de pigmentos e compostos especiais, chamados de fotorreceptores, que controlam respostas morfofisiológicas distintas do processo fotossintético. Esses fotorreceptores são classificados de acordo com o espectro de absorção de luz em criptocromos, fitocromos, fototropinas e fotorreceptores de luz UV-B. Os fotorreceptores UV-B absorvem a luz na faixa do ultravioleta-B (entre 280 e 320 nm), os criptocromos absorvem a luz na faixa do azul e do ultravioleta (entre 320 e 400 nm, ultravioleta longo); nos fitocromos, a absorção ocorre em especial no comprimento de onda vermelho (660 nm) e vermelho extremo (730 nm), e as fototropinas absorvem luz azul (KERBAUY, 2008).

Esses fotorreceptores estão ligados a uma série de respostas nas plantas como a germinação de sementes, alongamento do caule e hipocótilo, expansão foliar, florescimento fotoperiódico, estimulação da síntese de clorofilas e carotenoides, síntese de antocianinas, movimento estomático e controle da expressão de genes (KERBAUY, 2008).

Segundo Taiz e Zeiger (2013) as respostas morfofisiológicas das plantas não dependem apenas da presença, atenuação ou ausência da luz, mas também da qualidade espectral da radiação. Existem três parâmetros de fundamental importância na medição da luz para a realização da fotossíntese; a quantidade e direção do espectro luminoso e a qualidade espectral. Este último parâmetro está relacionado com a quantidade de energia luminosa captada ou absorvida por uma molécula em função do comprimento de onda da luz. A clorofila absorve principalmente luz nas porções vermelha (cerca de 660 nm) e azul (aproximadamente 430 nm) do espectro luminoso, e apenas uma parte da luz enriquecida nos comprimentos de onda verde é absorvida pela planta. Assim, a maior parte é refletida para o olho humano, dando às plantas sua coloração verde característica.

2.4 Telas fotosseletivas

Tendo conhecimento da influência exercida pela qualidade espectral no desenvolvimento e metabolismo das plantas, desenvolveram-se materiais — as chamadas malhas fotosseletivas ou fotoconversoras — que transmitem

seletivamente certos comprimentos de ondas e, logo, alteram a resposta fotomorfogênica das espécies vegetais. Ao se adaptarem a essas condições ambientais diferentes, as plantas desenvolvem alterações no crescimento, no desenvolvimento, na morfologia e em suas funções fisiológicas (PAULUS et al., 2016).

O cultivo de plantas utilizando malhas coloridas representa um novo conceito agrotecnológico que objetiva combinar a proteção física com a filtragem diferencial da radiação solar para promover respostas fisiológicas desejáveis reguladas pela luz (RIBEIRO, 2015). A cor da tela fotosseletiva determinará a intensidade e o comprimento de onda as quais as plantas serão submetidas. Por exemplo, a malha fotoconversora vermelha reduz as ondas azuis, verdes e amarelas e acrescenta ondas na faixa espectral do vermelho e do vermelho distante com transmitância para comprimentos de ondas superiores a 590 nm. A luz vermelha atua no desenvolvimento da estrutura fotossintética das plantas, o que pode aumentar o acúmulo de amido em algumas espécies pela inibição da translocação de assimilados para fora das folhas. As malhas azuis filtram as ondas na faixa do vermelho e do vermelho distante, o que permite a passagem de ondas com transmitância na região do azul-verde (400-540 nm). A luz azul permite alterar o crescimento, o desenvolvimento e a aclimação às condições ambientais das plantas (COSTA et al., 2012).

A tela na cor pérola permite a maior difusão de luz e baixa transmissão de radiação ultravioleta no ambiente de cultivo. Atua minimizando problemas causados pelo excesso de radiação nas plantas. As telas pretas, ou telas de sombreamento pretas, podem proporcionar condição microclimática adequada para diferentes culturas, pois reduzem a incidência direta da radiação solar em plantas que necessitam de menor fluxo de energia radiante, o que diminui a temperatura. A redução da intensidade luminosa pode contribuir para diminuir os efeitos extremos da radiação, em especial a fotorrespiração, e proporcionar condições agrometeorológicas, aumentando a produtividade e qualidade dos produtos vegetais (SANTOS; SEABRA JÚNIOR; NUNES, 2010). Os telados na cor preta são utilizados para amenizar problemas relacionados com a irradiância e temperatura elevadas, condições características de regiões tropicais. Com isso, contribuem para o desenvolvimento das plantas, em

especial hortaliças, e o aumento da produção, viabilizando o cultivo ao longo do ano (RAMPAZO et al., 2014).

O uso de telas de sombreamento, termorreletores e fotoseletivas em ambiente protegido no cultivo da alface proporciona alterações de temperatura no ambiente de cultivo, modifica a quantidade e qualidade de radiação, resultando em maior produtividade e qualidade das folhas (DIAMANTE et al., 2013; NUNES, 2010; RAMPAZO et al., 2014; SALES et al., 2014; SANTOS; SEABRA JÚNIOR; VIEIRA, 2016).

Pinheiro (2013) ressaltou que as diferentes malhas testadas em seu trabalho (todas com 35% de sombreamento) foram capazes de modificar os elementos microclimáticos. Apresentaram diferenças espectrais de transmitância, absorvância e refletância. As malhas termorreletores e vermelha proporcionaram acúmulo maior de fitomassa em mudas de alface quando comparadas com as do ambiente sem malha e malha azul. Na fase de produção final, foi possível verificar que o ambiente de cultivo é capaz de promover alterações anatômicas e fisiológicas em plantas de alface. A malha azul apresentou menor desenvolvimento das plantas de alface se comparado às dos demais ambientes.

Bezerra Neto et al. (2005) estudaram três tipos de tela de sombreamento (branca, verde e preta) no cultivo da alface e concluíram que a máxima produtividade ($80,5 \text{ t.ha}^{-1}$) foi obtida na altura de sombreamento de 44,6 centímetros e que houve interação significativa entre os tipos de tela e alturas de sombreamento, observada na produção de massa seca da parte aérea e na taxa de crescimento das plantas, os maiores valores foram registrados na tela branca e na altura de sombreamento de 40 centímetros.

A tela branca apresentou resultados positivos no cultivo do tomate. No trabalho de Ilic et al. (2012), a maior produtividade foi observada em telas branca e vermelha, com 40% de sombreamento quando comparadas ao cultivo a céu aberto e sob telas azul e preta. O telado vermelho interferiu na qualidade dos frutos, pois proporcionou a produção de frutos com maior teor de licopeno, pigmento responsável pela coloração vermelha.

A qualidade espectral da luz proporcionada pelas telas fotoseletivas podem promover modificações na anatomia foliar, e assim, promover melhor adaptação ao ambiente e melhores resultados produtivos. Com efeito, Silva et

al. (2015) avaliaram a produção de mudas de tamarindo sob telas azul, vermelha, branca e preta, todas com 50% de sombreamento, e verificaram que as telas branca e azul promoveram maior espessamento dos tecidos que estão diretamente envolvidos no processo fotossintético.

Os resultados das telas em relação à modificação na anatomia foliar dependem da plasticidade anatômica de cada espécie. Para girassol ornamental, as telas vermelha e azul não promoveram diferenças significativas em relação ao espessamento dos tecidos e à densidade estomática quando comparadas ao cultivo a céu aberto. Plantas cultivadas sob tela termorrefletora promoveram os melhores resultados (NASCIMENTO et al., 2016).

As malhas coloridas podem ser utilizadas visando melhorar rendimentos das culturas, inclusive na produção de metabólitos secundários nas plantas. A biossíntese dos óleos essenciais é influenciada por fatores climáticos como fotoperíodo, temperatura, umidade, precipitação e intensidade de radiação solar. Estes podem determinar a época ideal de colheita para se obter maior quantidade de óleo essencial e do princípio ativo desejado (PAULUS et al., 2016).

A síntese e o acúmulo de óleo essencial são influenciados de forma significativa e complexa pela luz, uma vez que esta afeta direta ou indiretamente as vias biossintéticas dos metabólitos secundários (COSTA et al., 2012). As plantas desenvolveram uma série de fotorreceptores que regulam seu desenvolvimento em relação às variações da radiação luminosa incidente com o objetivo de aperfeiçoar a captação da energia luminosa para a fotossíntese (ROSAL, 2008).

2.5 Efeito de telas fotosseletivas em plantas aromáticas

As telas fotosseletivas, por propiciarem comprimentos de ondas específicos às plantas — que atuam em funções como a fotossíntese e em características fotossensíveis — proporcionam efeitos que podem ser verificados por meio de diferentes parâmetros: aqueles inerentes à fisiologia vegetal, que estão relacionados com o aparato fotossintético das plantas, como a mensuração da fluorescência da clorofila, teor de pigmentos, mensuração de trocas gasosas e condutância estomática; aqueles ligados às características agrônômicas de desenvolvimento vegetal, como altura de plantas, área foliar,

número de folhas, produção de biomassa fresca e seca da parte aérea, biomassa de inflorescência e outros; e aqueles relacionados com a produção de óleo essencial, ou seja, teor, rendimento e composição. A seguir, apresenta-se o resultado de trabalhos que avaliam o efeito de telas fotosselativas em plantas aromáticas tomando-se por base os parâmetros citados.

Martins et al. (2008), ao avaliarem o efeito de telas fotosselativas (preta, vermelha e azul) no crescimento e teor de óleo essencial do manjeriço, verificaram que as plantas desenvolvidas sob malha azul apresentaram maior alocação de matéria seca para o caule e tiveram maior crescimento em altura. O teor de óleo essencial das plantas crescidas sob malha azul foi de 1,19%, o que correspondeu a um acréscimo de 142% em relação ao teor verificado nas plantas crescidas a pleno sol.

Os benefícios da tela azul foram comprovados por Rosal (2008), que ao avaliar o cultivo de boldo (*Plectranthus neochilus* Schlechter) em diferentes ambientes de cultivo, constituídos por telas preta, azul, vermelha, todas com 50% de sombreamento, e cultivo a 100% de irradiância, verificou que o crescimento e desenvolvimento das plantas foram influenciados pela quantidade e qualidade de luz. O sombreamento promovido pelas malhas resultou em maior produção de óleo essencial, sendo mais proeminente na tela azul.

Paulus et al. (2016), ao avaliarem o efeito de malhas fotoconversoras (aluminizada, vermelha e preta) e diferentes épocas de colheita em *Ocimum basilicum* var. citriodorum, verificaram que as plantas de manjeriço apresentaram alterações no crescimento em função das diferentes cores das malhas de sombreamento. Plantas sob malha aluminizada apresentaram maior altura e diâmetro de caule, já a biomassa fresca e seca aérea, teor, rendimento e produtividade de óleo essencial das plantas cultivadas a pleno sol foram maiores que as dos demais ambientes de cultivo. As plantas crescidas sob malha preta foram as que acumularam a menor quantidade de biomassa fresca e seca da parte aérea. Na malha vermelha foram constatados os menores valores de teor, rendimento e produtividade de óleo essencial.

Segundo os autores, plantas de manjeriço não respondem positivamente à utilização da malha vermelha para produção de óleo. Isso pode ter ocorrido em razão de alteração no espectro de luz que incidiu nas plantas, pois

a malha vermelha reduz as ondas azuis, verdes e amarelas e acrescentam ondas na faixa do vermelho a vermelho-distante; o que pode ter provocado a anulação de alguma rota importante para a síntese de terpenos, interferindo na produção de óleo essencial. O cultivo sob malhas não influenciou no aumento do teor e rendimento, mas sim na composição química do óleo essencial. O citral foi o constituinte majoritário do óleo essencial, sendo o maior teor presente no cultivo sob malhas preta, aluminizada e pleno sol.

O efeito do sombreamento pode ter sido prejudicial para *Ocimum selloi* Benth. O trabalho realizado por Costa et al. (2010), com esta espécie cultivada em telas vermelha e azul com 50% de sombreamento e cultivo a pleno sol, concluiu que a maior densidade de tricomas glandulares foi observada em plantas que receberam luz solar completa. Esse ambiente de cultivo proporcionou a maior produção de biomassa foliar, porém o teor de óleo variou de acordo com a qualidade da luz, a maior quantidade de óleo foi observado em plantas cultivadas sob plena luz solar ou tela vermelha. Plantas cultivadas sob tela azul apresentaram maior número de constituintes no óleo.

Costa et al. (2012), ao avaliarem o cultivo de hortelã-pimenta em diferentes ambientes de cultivo, verificaram que as plantas cultivadas sob pleno sol e malhas preta e vermelha produziram maior massa seca de folhas e maiores teores e rendimentos do óleo essencial em relação à malha azul e termorrefletora.

Segundo Milenković et al. (2019), ao avaliarem o cultivo de manjeriço cultivar Genovese sob telas fotosseletivas pérola, vermelha e azul, todas com 50% de irradiância, verificaram que as plantas sob telado vermelho apresentaram o maior acúmulo de óleo essencial. Também verificaram que o telado influenciou a composição do óleo essencial e que sob tela fotosseletiva azul o óleo apresentou maior ação oxidante.

Brant et al. (2009), ao avaliarem o cultivo de *Melissa officinalis* L. sob malhas vermelha, azul e preta com sombreamento de 50% e a pleno sol, verificaram que as plantas são insensíveis à qualidade de luz para produção de fitomassa, de forma que o sombreamento empregado pelas malhas, independentemente de sua cor, foi benéfico para as plantas quando comparadas ao cultivo a pleno sol. O desempenho das plantas sob malhas coloridas e sob diferentes níveis de sombreamento depende de cada espécie

analisada, no caso da Melissa, o conteúdo energético das plantas cultivadas a pleno sol pode ter ficado alocado nas folhas sob forma de amido, sem que este fosse mobilizado para a produção de fitomassa. Porém, a qualidade da luz interferiu na produção de óleo essencial, os autores verificaram que sob tela vermelha houve menor produção de óleo essencial, contudo, esta cor proporcionou maior produção de citral, que é o composto majoritário e de maior interesse comercial em melissa.

Em relação à influência das telas na produção de pigmentos fotossintéticos, alguns trabalhos mostram que há alterações. Buthelezi et al. (2016) verificaram maior teor de clorofila “a” e “b” em plantas de *Coriandrum sativum* L. cultivadas sob telas pérola e vermelha com 40% de sombreamento em comparação com telas pretas com 24% de sombreamento.

Os espectros de luz obtidos pelo uso de filmes plásticos nas cores verde, amarelo e azul estão relacionados com o maior acúmulo de clorofila “a” e “b” em manjerição no trabalho desenvolvido por Stagnari et al. (2018).

Em relação aos parâmetros fotossintéticos, o uso da fluorescência da clorofila possibilita analisar, de maneira quantitativa e qualitativa, a absorção e uso da energia luminosa pelas plantas, além de detectar possíveis danos ao seu aparato fotossintético (MELO; SOUZA; CUNHA, 2017). Para Strasser et al. (2000), a fluorescência da clorofila representa uma ferramenta potencial para avaliar a resposta de materiais genéticos às condições físicas, analisando as implicações advindas das mudanças no ambiente, a exemplo de modificações na qualidade e intensidade de luz às quais as plantas são submetidas.

Os pigmentos fotossintéticos (clorofilas [a+b] e carotenóides) absorvem a energia luminosa no complexo antena. Os fótons são transformados em energia química nos centros de reação do fotossistema I e II. A energia da luz absorvida pelas clorofilas associadas ao fotossistema II pode ser usada para conduzir a fotoquímica na qual um elétron é transferido da clorofila do centro de reação (P680) para a quinona. Alternativamente, a energia da luz absorvida pode ser perdida do fotossistema II como fluorescência ou calor. Os processos de fotoquímica, fluorescência da clorofila e perda de calor estão em competição direta por energia de excitação. Se a taxa de um processo aumenta, as taxas dos outros dois diminuirão (BAKER, 2008).

Freitas (2015) utilizou os parâmetros de fluorescência da clorofila para avaliar o estresse causado por inundação em plantas de *Vitex cymosa* (Lamiaceae). A eficiência fotoquímica F_v/F_M , apresentou diminuição significativa com o aumento do período de inundação ao qual as plantas foram submetidas.

Figueiredo et al. (2020), ao utilizarem a fluorescência da clorofila na avaliação do estresse salino em plantas de alfazema, verificaram que fluorescência inicial (F_0), variável (F_v) e a máxima (F_M) diminuíram com o aumento da concentração salina na água de irrigação, indicando que a atividade da clorofila “a” foi reduzida, o que culminou em uma menor geração de energia. Estes autores também utilizaram F_v/F_M , como forma de verificar danos ao aparato fotossintético, e verificaram sua diminuição à medida que houve aumento da concentração salina.

A eficiência fotoquímica, F_v/F_M , também foi utilizada por Santos et al. (2020) para avaliar o estresse salino em cinco cultivares de manjerição, e por Burducea et al. (2019) para avaliar o efeito da aplicação de fertilizante organomineral em plantas de manjerição.

Referências

AKBARI, G. A.; SOLTANI, E.; BINESH, S.; AMINI F. Cold tolerance, productivity and phytochemical diversity in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) accessions. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, v. 124, p. 677– 684, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.048>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669018307465>. Acesso em: 20 ago. 2020.

ALCANTARA, F. D. O.; SILVA, T. I.; MACIEL, T. C. M.; MARCO, C. A.; SILVA, F. B. Teor e fitoquímica de óleo essencial de manjeriço em diferentes horários de colheita. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, MS, v. 5, n. 4, p. 1 - 6, out./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.1682>. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1682>. Acesso em: 16 jun. 2020.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of plant biology**, Palo Alto, Calif. v. 59, p. 89 – 113, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18444897/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R.C.C.; NEGREIROS, M.Z.; ROCHA, R.H.; QUEIROGA, R.C.F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 189 - 192, abr./jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200005>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362005000200005. Acesso em: 10 maio 2020.

BIZZO, H. R. Óleos essenciais uma fonte de divisas a ser mais explorada no Brasil. **Revista A Lavoura**, Ano 116, n. 699, 2013. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/oleos-essenciais-uma-fonte-de-divisas-a-ser-mais-explorada-no-brasil-2/>. Acesso em: 2 jan. 2020.

BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS NETO, A. L.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjeriço e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 113 - 116, jan./mar 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000100024>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362004000100024. Acesso em: 24 jan. 2020.

BLANK, A. F.; FONTES, S. M.; OLIVEIRA, A. S.; MENDONÇA, M. C.; SILVA-MANN, R.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Produção de mudas, altura e intervalo de corte em melissa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 780-784, jul./set. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000300018>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362005000300018. Acesso em: 10 jun. 2020.

BLANK, A. F.; COSTA, A. G.; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; CAVALCANTI, S. C. H.; ALVES, P. B.; INNECCO, R.; EHLERT, P. A. D.; SOUSA, I. F. S. Influence of season, harvest time and drying on Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) volatile oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy**, São Paulo, SP, v. 17, n. 4, p. 557 - 564, out./dez. 2007a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000400014>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2007000400014. Acesso em: 4 ago. 2020.

BLANK, A. F.; SOUZA, E. M. ARRIGONI-BLANK, M. de, F.; PAULA, J. W. A. de; ALVES, P. B. Novas cultivares Maria Bonita: cultivar de manjeriçao tipo linalol. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1811-1813, dez. 2007b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001200020>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007001200020. Acesso em: 12 dez. 2019.

BLANK, A. F.; SOUZA, E. M de; PAULA, J. W. A.; ALVES, P. B. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjeriçao. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 305-310, jul./set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300011>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362010000300011. Acesso em: 20 set. 2020.

BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B.; ROSA, L. F.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; CORRÊA, R. M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 5, ago. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000083>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000500015. Acesso em: 30 nov. 2019.

BOTREL, P. P.; PINTO, J. E. B. P.; FERRAZ, V.; BERTOLUCCI, S. K. V. B.; FIGUEIREDO, F. C. F. Teor e composição química do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* Epl., Lamiaceae em função da sazonalidade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 533 – 538, 2010. DOI: [10.4025/actasciagron.v32i3.3415](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i3.3415). Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212010000300022. Acesso em: 25 jul. 2020.

BURDUCEA, M.; ZHELJAZKOV, V. D.; DINCHEVA, I.; LOBIUC, A.; TELIBAN, G.; STOLERU, V.; ZAMFIRACHE, M. Fertilization modifies the essential oil and physiology of basil varieties. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, v. 121, p. 282-293, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669018304321>. Acesso em: 10 set. 2019.

BURDUCEA, M.; ZHELJAZKOV, V. D.; LOBIUC, A.; PINTILIE C. A.; VIRGOLICI, M.; SILION, M.; ASANDULESA, M.; B., I.; ZAMFIRACHE, M. Biosolids application improves mineral composition and phenolic profile of basil cultivated on eroded soil. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 249, p. 407-418, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423819300822>. Acesso em: 26 mar. 2020.

BUTHELEZI, M. N. D.; SOUNDY, P.; JIFONA, J.; SIVAKUMAR, D. Spectral quality of photo-selective nets improves phytochemicals and aroma volatiles in coriander leaves (*Coriandrum sativum* L.) after postharvest storage. **Journal of Photochemistry & Photobiology**, Amsterdam, v. 161, p. 328–334, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.05.032>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27295414/>. Acesso em: 17 abr. 2020.

CAROVIC´-STANKO, K.; LIBER, Z.; POLITEO, O.; STRIKIC´, F.; KOLAK, I.; MILOS, M.; SATOVIC, Z. Molecular and chemical characterization of the most widespread *Ocimum* species. **Plant Systematics and Evolution**, Austria, v. 294, p. 253 – 262, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00606-011-0471-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00606-011-0471-x#citeas>. Acesso em: 10 maio 2020.

CARVALHO FILHO, J. L. S.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; EHLERT, P. A.D.; MELO, A S.; CAVALCANTI, S. C.H.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacologia**, Paraná, v. 6, n. 1, p. 24-30, jan./mar. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2006000100007>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2006000100007. Acesso em: 10 jun. 2020.

CHUA, L. Y. W.; CHONG, C. H.; CHUA, B. L.; FIGIEL, A. Influence of Drying Methods on the Antibacterial, Antioxidant and Essential Oil Volatile Composition of Herbs: a Review. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 12, p. 450-476, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2227-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-018-2227-x>. Acesso em: 10 out. 2019.

COSTA, L. C.B.; PINTO, J. E.B.P.; CASTRO, E. M.; ALVES, E.; ROSAL, L. F.; BERTOLUCCI, S. K.V.; ALVES, P. B.; EVANGELINO, T. S. Yield and Composition of the Essential Oil of *Ocimum selloi* Benth. Cultivated Under Colored Netting. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, Ill., US, v. 22, jan./fev. 2010. DOI: 10.1080/10412905.2010.9700260. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233348692_Yield_and_Composition_of_the_Essential_Oil_of_Ocimum_selloi_Benth_Cultivated_Under_Colored_Net_ting. Acesso em: 21 ago. 2019.

COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta

cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n.4, p534-540, abr. 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000400009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262619644_Vegetative_growth_and_yield_of_essential_oil_of_peppermint_grown_under_nets. Acesso em: 21 jan. 2020.

COUTO, M.E.O. **Coleção de plantas medicinais aromáticas e condimentares**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2006. 91 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/746066/colecao-de-plantas-medicinais-aromaticas-condimentares>. Acesso em: 14 fev. 2019.

DIAMANTE, M.S.; SEABRA JUNIOR, INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 44, n. 1, p. 133-140, jan./mar, 2013. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1942/782>. Acesso em: 20 set. 2020.

FIGUEIREDO, F. R. A.; NÓBREGA, J. S.; FÁTIMA, R. T.; SILVA, T. I.; NASCIMENTO, R. G. S.; BRUNO, R.L. A. Crescimento e fluorescência de alfazema submetida ao osmocondicionamento das sementes e à salinidade. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, Maringá, v. 13, p. 1251 – 1262, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n4p1251-1262>. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/7633>. Acesso em: 23 dez. 2019.

FREITAS, F. C. **Respostas morfofisiológicas de plântulas de *Vitex cymosa* Bertero ex Spreng. (Lamiaceae) à inundação artificial**. 2015. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em diversidade biológica, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

ILIĆ, Z. S.; MILENKOVIĆ, L.; ŠUNIĆ, L.; BARAĆ, S.; CVETKOVIĆ, D.; STANOJEVIĆ, L.; KEVREŠAN, Ž.; MASTILOVIĆ, J. Bioactive constituents of red and green lettuce grown under colour shade nets. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Mitrovica, v. 31, n. 12, p. 937-944, 2019. DOI: 10.9755/ejfa.2019.v31.i12.2043. Disponível em: <https://ejfa.me/index.php/journal/article/view/2043>. Acesso em: 11 jan. 2020.

ILIC, Z. S.; MILENKOVIC, L.; STANOJEVIC, L., CVETKOVIC, D.; FALLIK, E. Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 139, p. 90-95, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.03.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423812001331>. Acesso em: 30 ago. 2019.

JANNUZZI, H.; MATTOS, J. K. A.; VIEIRA, R. F.; SILVA, D. B.; SILVA, J. P. Manejo de corte de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em três épocas de

colheitas no Distrito Federal – DF. **Boletim de pesquisa e Desenvolvimento Embrapa recursos genéticos e biotecnologia**, Brasília, DF, EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, v. 352, 2019, 21p.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Guanabara Koogan, 2008.

LUZ, J. M. Q.; MORAIS, T. P. S.; BLANK, A. F.; SODRÉ, A. C. B.; OLIVEIRA, G. S. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjeriço sob doses de cama de frango. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n.3, jul./set. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362009000300016>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362009000300016&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 10 set. 2019.

LUZ, J. M.; RESENDE, R. F.; SILVA, S. M.; SANTANA, D., G.; CAMILO, J. S.; BLANK, A. F.; HABER, L. L. Produção de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, Lampa, Chile, v. 13, n. 1, p. 69 – 80. 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85629766007>. Acesso em: 12 out. 2019.

MARKET RESEARCH REPORT. **Essential oils market analysis and segment forecasts to 2025**. feb, 2019. Portal. Disponível em: https://plattsinfo.spglobal.com/always-on-analytics-oil.html?gclid=CjwKCAiAyc2BBhAaEiwA44-wWxZiWdHwx5w5n5obZVodBEVlObiNS6oKjcFSJa9XOb619hQEN7x53hoCL_YQAvD_BwE. Acesso em: 10 mar. 2020.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B.; SILVA, A. P. O. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 102-107, 2008.

MATOS, L. S.; SANTOS, D.; SANTOS, N. S.; ANJOS, G. L.; SANTOS, A. R. Manjeriço cultivado sob diferentes condições de luminosidade e concentrações de potássio. *In*: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, II., 2016, Aracajú, SE. **Anais [...]**. Aracaju (SE) Unit e Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2017. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/iiirncs/44988-manjericao-cultivado-sob-diferentes-condicoes-de-luminosidade-e-concentracoes-de-potassio/>. Acesso em: 10 fev. 2020.

MELO, H. F.; SOUZA, E. R.; CUNHA, J. C. Fluorescence of chlorophyll a and photosynthetic pigments in *Atriplex nummularia* under abiotic stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 21, n. 4, p. 232 - 237, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p232-237>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662017000400232. Acesso em: 14 abr. 2019.

MAY, A. *et al.* **Manjeriçãõ (*Ocimum basilicum* L.)**. Campinas, 2019. Portal: Instituto Agronômico. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/40.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019.

MILENKOVIĆ, L.; STANOJEVIĆ, J.; CVETKOVIĆ, D.; STANOJEVIĆ, L.; D. LALEVIĆ, D.; ŠUNIĆ, L.; FALLIK, E.; ILIĆ, Z. S. New technology in basil production with high essential oil yield and quality. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, v. 140, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111718>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669019307289>. Acesso em: 25 dez. 2019.

MINAMI, K.; MELLO, S., C.; WATANABE, A., T. **A cultura do manjeriçãõ. Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1811-1813, dez. 2007.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, ago., 2009. Suplemento. 1 CD Rom.

NASCIMENTO, A. M. P.; REIS, S. N.; NERY, F. C.; CURVELO, I. C. S.; TAQUES, T. da C.; ALMEIDA, E. F. A. Influence of color shading nets on ornamental sunflower development. **Ornamental Horticulture**, Campinas, SP, v. 22, n. 1, 2016, p. 101-106. DOI: <https://doi.org/10.14295/oh.v22i1.755>. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/755>. Acesso em: 30 ago. 2019.

PADALIA, R. C.; VERMA, R. S.; UPADHYAY, R. K.; CHAUHAN, A.; SINGH, V. R. Productivity and essential oil quality assessment of promising accessions of *Ocimum basilicum* L. from north India. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, New York, v. 97, p. 79-86, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092666901630838X>. Acesso em: 1 jan. 2020.

PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; FERREIRA, S.B.; ZORZZI, I.C.; NAVA, G.A. Biomassa e composição do óleo essencial de manjeriçãõ cultivado sob malhas fotoconversoras e colhido em diferentes épocas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, jan./mar. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160000100007>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362016000100046. Acesso em: 10 abr. 2020.

PEREIRA, R., C. A.; MOREIRA, A. L. M. **Manjeriçãõ: cultivo e utilização**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 31 p.

PINHEIRO, R. **Malhas de sombreamento fotoseletivas no crescimento e produção de alface hidropônico**. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, Westphalen, RS, 2013.

PINTO, J. A. O.; BLANK, Arie F.; NOGUEIRA, P. C. L.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANDRADE, T. M.; SAMPAIO, PEREIRA, K. L. G. Chemical characterization of the essential oil from leaves of basil genotypes cultivated in different seasons. **Boletín latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromáticas**, Lampa, Chile, v. 18, n. 1, p. 58 – 70, 2019. DOI: <https://doi.org/10.35588/blacpma.19.18.1.05>. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1007470>. Acesso em: 27 mar. 2019.

PRAVUSCHI, P. R.; MARQUES, P. A. A.; RIGOLIN, B. H. M.; SANTOS, Ana C. P. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 687-693, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron. v32i4.3160. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212010000400017. Acesso em: 23 set. 2019.

RAMPAZZO, R.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, S. M. A. S.; FERREIRA, R. F. Eficiência de telas termorefletoras e de sombreamento em ambiente protegido tipo telado sob temperaturas elevadas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 33-42, jan/fev. 2014. DOI: 10.13083/1414-3984.v22n01a04. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273922025_Eficiencia_de_Telas_Termorefletoras_e_de_Sombreamento_em_Ambiente_Protegido_Tipo_Telado_sob_Temperaturas_Elevadas. Acesso em: 14 jun. 2019.

REHMAN, R.; HANIF, M. A.; MUSHTAQ, Z., AL-SADI, A. M. Biosynthesis of essential oils in aromatic plants: A review. **Food reviews international**, New v. 32, n. 2, p. 117 – 10, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2015.1057841>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559129.2015.1057841>. Acesso em: 10 ago. 2019.

RESENDE, R. F. **Produção de biomassa e óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em diferentes épocas, ambientes de cultivo e tipos de adubação**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

RIBEIRO, A. S. **Cultivo sob malhas no crescimento, desenvolvimento e composição química do óleo essencial de Patchouli**. 2015. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

ROSADO, L. D. S.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P.; BERTOLUCCI, S. Kelly V.; NICULAU, E. S.; ALVES, P. B. Influência do processamento da folha e tipo de secagem no teor e composição química do óleo essencial de manjeriço vc. Maria Bonita. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 291-296,

mar./abr., 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000200009>.
Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000200009. Acesso em: 10 maio 2020.

ROSAL, F. L. **Produção de biomassa, óleo essencial e características fisiológicas e anatômicas foliares de *Plectranthus neochilus* Schlechter em função da adubação orgânica, malhas coloridas e idade das plantas.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SALES, F. A. L.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; VIANA, T. V. A.; FREITAS, C. A. S. de. Telas agrícolas como subcobertura no cultivo de alface hidropônica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 10, p. 1755-1760, out, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20120633>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782014001001755. Acesso em: 15 set. 2018.

SANTOS, L. L.; SEABRA JR., S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010. Disponível em: http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/8_artigo_v8.pdf. Acesso em: 16 jul. 2019.

SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, G. B. S.; SÁ, F. V. da S.; COSTA, J. P. B. M.; FERNANDES, P. D. Photochemical efficiency of basil cultivars fertigated with salinized nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 5, p. 319-324, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n5p319-324>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662020000500319&script=sci_abstract. Acesso em: 27 jan. 2020.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E. GAL, E.; GANELEVIN, R. ColorNets: Crop Protection and Light-Quality Manipulation in One Technology. **Acta Horticulture**, v. 659, p. 143-151, 2004. DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.659.17. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283859941_ColorNets_Crop_protection_and_light-quality_manipulation_in_one_technology. Acesso em: 30 set. 2019.

SILVA F; DINIZ E. R; BARBOSA L. C. A; CASALI VWD; LIMA R. R. Teor e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em dois horários e duas épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, SP, v. 6, p. 33-38. 2003.

SILVA, R. A. L., SOARES, J. D. R.; DIAS, G. de M. G.; PASQUAL, M.; CHAGAS, E. A.; GAVILANES, M. L. Cultivo de tamarindo sob malhas coloridas: plasticidade anatômica foliar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.238-244, fev, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140012>. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000200238. Acesso em: 10 fev. 2020.

SMITHA G.R.; TRIPATHY, Vandana. Seasonal variation in the essential oils extracted from leaves and inflorescence of different *Ocimum* species grown in Western plains of India. **Industria Crops and Products**, Amsterdam, New York, v. 94, p. 52-64, 2016. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.041>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669016304903>.

Acesso em: 10 out. 2019.

SOUZA, Raiane A. de; MELO, Evandro de C.; ÁVILA, Mariane B. R. de; GONZAGA, Diego A.; SPEROTTO, Naiara C. Z.; CARNEIRO, Antônio P. S. Intermittent drying of clove basil leaves: Process optimization and essential oil yield. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 24, n. 3, p. 209-215, mar. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p209-215>. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662020000300209&script=sci_arttext.

Acesso em: 10 jan. 2018.

STAGNARI, F.; DI MATTIA, C.; GALIENI, A.; SANTARELLI, V.; D'EGIDIO, S.; PAGNANI, G.; PISANTE, M. Light quantity and quality supplies sharply affect growth, morphological, physiological and quality traits of basil. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, v. 122, p. 277–289, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.073>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669018304928>.

Acesso em: 10 jun. 2020.

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic sample. *In*: YUNUS, M.; PATHRE, U.; MOHANTY, P. (ed.). **Probing Photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation**, Taylor and Francis, London, 2000. p. 445-483.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto alegre: Artmed, 2013.

VARGAS, F.; CAROVIĆ-STANKO, K.; RISTIĆ, M.; GRDIŠA, M.; L. Z.; ŠATOVIĆ, Z. Morphological and biochemical intraspecific characterization of *Ocimum basilicum* L. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, v. 109, p. 611–618, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.018>.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669017306167>.

Acesso em: 27 set. 2019.

VIEIRA, J. C. B. **Desempenho de quatro cultivares de alface em diferentes ambientes e épocas de cultivo no município de Viçosa-MG**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

YAN, M.; WANG, C.; FLORES, N. J. CRUZ; SU, Y.; J. Targeting open Market with strategic business innovations: a case study of growth dynamics in essential oil and aromatherapy industry. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, p. 5-7, 2019.

DOI:10.3390/joitmc5010007. Disponível em:

<https://ideas.repec.org/a/gam/joitmc/v5y2019i1p7-d203763.html>. Acesso em: 10 mar. 2020.

CAPÍTULO 2

TELAS FOTOSSELETIVAS NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL EM CULTIVARES DE MANJERICÃO**Resumo**

A biossíntese do óleo de plantas aromáticas como o manjeriçãõ apresenta uma grande variaçãõ em razãõ da interferência de fatores climáticos, genéticos e tecnológicos. Tecnologias como as telas fotosseletivas, que ao modularem a luz influenciam funções fotomorfogênicas da planta, podem aumentar a produção de biomassa e do óleo essencial. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de telas fotosseletivas (pérola, azul, vermelha e preta) na produção de biomassa e rendimento de óleo essencial de quatro cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf, e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de cultivo, primavera/verãõ e outono/inverno. O experimento de época de primavera/verãõ foi de setembro de 2017 a janeiro de 2018 e o de outono/inverno foi de maio a outubro de 2018. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdividas, testando-se, nas parcelas, cinco ambientes de cultivo (três malhas fotosseletivas Chromatinet® nas cores pérola, azul e vermelha, todas com 20% de sombreamento, e tela preta com 30% de sombreamento, e um ambiente de cultivo a pleno sol) e, nas subparcelas, quatro cultivares de manjeriçãõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita). Na avaliação do experimento, foram mensuradas características agrônômicas (biomassa fresca da parte aérea, de folha e inflorescência e biomassa seca da parte aérea) e rendimento do óleo essencial. Foi realizado contraste, utilizando-se o teste de Scheffé, para comparação do cultivo sob telas e a pleno sol. Os dados das duas épocas de cultivo foram submetidos à análise de variância conjunta e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O cultivo de manjeriçãõ sob telas fotosseletivas aumentou a altura de plantas. O uso de tela azul em cultivo de primavera/verãõ proporcionou maior biomassa fresca da parte aérea para as cultivares Anise e Maria Bonita, pérola para Cinnamon e vermelha para Italian Large Leaf. O uso de telas não promoveu aumento de produtividade do óleo essencial. A época de cultivo de primavera/verãõ proporcionou plantas com maior altura, maior produção de biomassa fresca de folhas e maior rendimento do óleo essencial.

Palavras-chave: *Ocimum basilicum* L. Sazonalidade ambiental. Malhas fotoconversoras.

Abstract

Photoselective screens in biomass production and essential oil yield in basil cultivars

The biosynthesis of oil from aromatic plants such as basil, presents a great variation due to the interference of climatic, genetic and technological factors. Technologies such as photoselective screens, which by modulating light influence the plant's photomorphogenic functions, can increase the production of biomass and essential oil. The objective of this work was to evaluate the effect of photoselective screens (pearl, blue, red and black) on the production of biomass and essential oil yield of four basil cultivars (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf, and Maria Bonita), grown in two growing seasons, spring/summer and fall/ winter. The spring/summer season experiment was from September 2017 to January 2018 and the autumn/winter experiment was from May to October 2018, the experimental design was in randomized blocks, in a split-plot scheme, testing five cultivation environments in the plots (three Chromatinet® photoselective screens in pearl, blue colors and red, all with 20% shading, and black screen with 30% shading, and a growing environment in full sun), and in the subplots four basil cultivars (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf and Maria Bonita). The fall/winter season cultivation was from May to October 2018, with the same experimental design as the spring/summer season. In the evaluation of the experiment, agronomic characteristics (fresh biomass of the aerial part, leaf and inflorescence, dry biomass of the aerial part) and essential oil yield were measured. Contrast was performed, using the Scheffé test, to compare the culture under screens and in full sun. The data of the two growing seasons were submitted to joint analysis of variance and compared by the Tukey test at 5% probability. The cultivation of basil under photoselective screens increased the height of plants. The use of blue screen in spring/summer cultivation provided greater fresh biomass of the aerial part for the cultivars Anise and Maria Bonita, pearl for Cinnamon and red for Italian Large Leaf. The use of screens did not increase the productivity of essential oil. The spring/summer growing season provided plants with greater height, greater production of fresh leaf biomass and higher yield of essential oil.

Keywords: *Ocimum basilicum* L. Environmental seasonality. Photoconverter meshes.

1 INTRODUÇÃO

O manjeriço, *Ocimum basilicum* L. (Família Lamiaceae), é uma espécie de grande importância econômica graças à sua ampla gama de uso como planta aromática, condimentar e medicinal. Consumida *in natura* e em molhos, saladas, aperitivos, chás, etc., também é matéria-prima da indústria por causa do óleo essencial presente em suas folhas e flores, de uso na farmácia, na cosmética, na perfumaria, enfim, na aromatização de alimentos e bebidas.

O Brasil é um grande exportador mundial de óleos essenciais, ao lado da Índia, China e Indonésia. Essa posição deriva, basicamente, dos óleos essenciais cítricos, obtidos como subprodutos da indústria de sucos. Porém, há uma gama de possibilidades a ser explorada, pois pelo menos trezentos óleos essenciais têm interesse comercial no mundo. O mercado mundial movimenta US\$ 15 bilhões por ano, apresentando crescimento aproximado de 11% por ano. Esse panorama mostra que a produção de óleos essenciais no Brasil é não somente viável, mas também rentável (BIZZO, 2013).

Dessa forma, torna-se importante determinar as melhores condições de cultivo e desenvolver técnicas agronômicas que maximizem a produção do óleo essencial de manjeriço e de seus constituintes mais valorizados no mercado. Isso porque a produção de biomassa e o rendimento do óleo e sua constituição são afetados por fatores bióticos e abióticos que estão interagindo durante o ciclo produtivo da cultura.

Técnicas agronômicas que maximizem a produção do manjeriço com alto teor de óleo essencial e de seus constituintes químicos mais desejados, como a utilização de telas fotosselativas, representam uma opção interessante neste sentido. As telas atuam filtrando o espectro luminoso, com isso modificam a intensidade e o comprimento de onda que incidem sobre as plantas, transmitindo seletivamente certos comprimentos de ondas e, por consequência, alterando a resposta fotomorfogênica das espécies vegetais. Ao se adaptarem a essas condições ambientais diferentes, as plantas desenvolvem alterações no crescimento, no desenvolvimento, na morfologia e em suas funções fisiológicas (PAULUS et al., 2016).

Os espectros de luz proporcionados pelas telas em cores distintas podem atuar no desenvolvimento e na aclimação da planta às condições

ambientais, agindo desde a fotossíntese, abertura e fechamento de estômatos, fototropismo, síntese de clorofila e antocianinas até a floração, dentre outros. Com isso, acarreta modificações na produção de óleo essencial. Assim, é importante analisar o comportamento das variedades de manjeriço com relação aos efeitos da região de plantio e encontrar o material genético que melhor se adapta às condições edafoclimáticas locais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de telas fotosseletivas (pérola, azul, vermelha e preta) na produção de biomassa e rendimento de óleo essencial de quatro cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivados em duas épocas de cultivo, primavera/verão e outono/inverno.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

O trabalho foi desenvolvido em duas épocas, sendo um cultivo realizado na primavera/verão, entre setembro de 2017 a janeiro de 2018, e outro no período de outono/inverno, de maio a outubro de 2018. Os dois experimentos foram desenvolvidos na fazenda experimental pertencente à Universidade do Estado de Minas Gerais, unidade Ituiutaba, cujas coordenadas geográficas são 18° 95' 07.42", latitude S e 49° 52' 63.98", longitude W. O clima em Ituiutaba, na classificação de Koppen, é do tipo Aw, tropical chuvoso (ABRÃO, 2007).

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os dois experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados, testando-se, nas parcelas, cinco ambientes de cultivo (três malhas fotosselativas nas cores pérola, azul e vermelha, todas com 20% de sombreamento, uma tela preta com 30% de sombreamento, adquiridas da empresa Chromatinet®, e o controle – cultivo a pleno sol); e, nas subparcelas, quatro cultivares de manjeriço (Maria Bonita, Cinnamon, Anise e Italian Large Leaf). Os experimentos foram desenvolvidos com quatro blocos, e as parcelas experimentais foram compostas de nove plantas; a parcela útil foi composta das três plantas centrais, as demais representaram a bordadura.

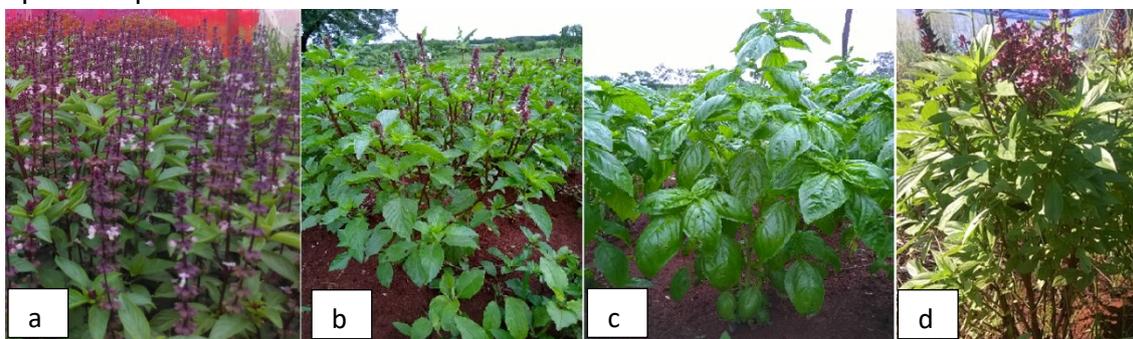
2.2.1 Cultivares

A condução do experimento considerou as cultivares de manjeriço Anise, Cinnamon, Italian Large e Maria Bonita. As sementes da cultivar Maria Bonita semeadas foram produzidas pelo programa de melhoramento genético de plantas medicinais da Universidade Federal de Sergipe e doadas pelo professor Arie Fitzgerald Blank. As sementes das cultivares Anise, Cinnamon e Italian Large Leaf foram produzidas pela empresa Richters®.

A cultivar Anise (FIG. 1a) tem, como componente majoritário, o metil chavicol. A cultivar Cinnamon (FIG. 1b) tem largura média da copa de 39,75 centímetros e tem o metil cinamato como seu constituinte principal (pode apresentar também linalol na sua composição) (BLANK et al., 2012). A Italian

Large Leaf (FIG. 1c) é rica em linalol (COSTA et al., 2015). Tem copa arredondada, pétalas brancas e sépalas verdes, largura média da copa de 61 centímetros (BLANK et al., 2004). A cultivar Maria Bonita (FIG. 1d) é a primeira melhorada e registrada no Brasil. Tem comprimento médio de folha de 6,5 centímetros e largura de folha de 2,8 centímetros, largura média de copa de 45,70 centímetros, diâmetro médio do caule de 1,32 centímetros, altura média de 45,50 centímetros, além de ter hábito de crescimento ereto e, como constituinte majoritário, o linalol em seu óleo essencial (BLANK, 2007a).

FIGURA 1 – Cultivar Anise (a), Cinnamon (b), Italian Large Leaf (c) e Maria Bonita (d) cultivadas na fazenda experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais em época de primavera/verão e outono/inverno



Fonte: base de dados da pesquisa — fotografia de Miriam Nomura (2018)

2.3 Instalação e condução dos experimentos

No mês de julho de 2017 iniciou-se a construção dos ambientes de cultivo. Foram formados por estruturas com dimensões de 5 metros de largura, 5 metros de comprimento e maior altura de 1,8 metro. Somaram 25 metros quadrados de área. A estrutura do ambiente de cultivo foi construída com quatro postes de eucalipto de dois metros e 20 centímetros, fincados em profundidade de 40 centímetros no solo. Foi fixado um poste central para suporte da tela no centro da estrutura. Os ambientes foram construídos com telas cobrindo as laterais e o teto, de maneira que toda a incidência de radiação solar passasse pelas telas. A disposição dos ambientes respeitou a distância de três metros entre cada ambiente de cultivo (FIG. 2).

Em agosto de 2017, realizou-se a amostragem de solo, na profundidade de 0-0,2 m para a caracterização química da área: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -5,8; Al – 0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; P - 13,7 mg dm^{-3} ; K 264,2 mg dm^{-3} ; Ca 4,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg 1,25 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al 0,65 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e MO de 24 g kg^{-1} e V - 56%.

Ainda em agosto de 2017, houve preparo do solo, com aração e gradagem. Depois foram levantados três canteiros em cada ambiente de cultivo. Cada qual foi construído com dimensões de 5 metros de comprimento, 1,2 metro de largura e 30 centímetros de altura. Foram interespaçados com distância de 30 centímetros. Conforme o resultado da análise de solo, foram feitas a correção — com aplicação de $1,6 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico dois meses antes do transplântio das mudas de manjerição — e a adubação de plantio — com aplicação de 430 kg ha^{-1} da formulação 8–28–16.

FIGURA 2 – Ambientes de cultivo do experimento época de primavera/verão e outono/inverno



Fonte: base de dados da pesquisa — fotografia de Miriam Nomura (2018)

No segundo cultivo, aproveitaram-se as estruturas montadas no experimento de primavera/verão. Assim, o preparo do solo envolveu apenas o seu revolvimento no interior dos ambientes de cultivo, tendo em vista que as estruturas dos ambientes já estavam montadas. Assim, não foi possível preparar o solo com máquinas agrícolas. Em lugar, utilizou-se enxada manual para revolver o solo e levantar os canteiros.

As mudas foram produzidas em viveiro especializado para produção de mudas. A semeadura do primeiro cultivo aconteceu em 23 de setembro de 2017; do segundo cultivo, em 11 de maio de 2018. Foram usadas bandejas de poliestireno expandido de 128 células preenchidas com substrato comercial próprio para produção de mudas. A semeadura foi realizada depositando-se duas sementes por célula a 0,5 centímetro de profundidade. As bandejas foram cobertas com camada de vermiculita e irrigadas diariamente. Após a emergência das plântulas, foi feito o desbaste de plantas excedentes, deixando-se apenas uma muda por célula.

As mudas foram transplantadas para os canteiros definitivos dentro de cada ambiente de cultivo no dia 2 de novembro de 2017, no experimento de época de primavera/verão, e no dia 20 de junho, no experimento de outono/inverno. O espaçamento foi de 30 centímetros entre plantas e 60 centímetros entre fileiras. No desenvolvimento dos experimentos, realizou-se o controle de plantas infestantes com capina manual e irrigação por aspersão.

Ao longo do desenvolvimento dos experimentos, foram anotadas as temperaturas mínimas, médias e máximas do ar (°C), além da umidade relativa do ar (%), com auxílio de termohigrômetro digital, dentro de cada ambiente de cultivo (TAB. 1).

TABELA 1 – Dados médios meteorológicos durante o período de condução dos experimentos de primavera/verão e outono/inverno em Ituiutaba, MG

EXPERIMENTO DE PRIMAVERA/VERÃO					
Ambiente	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	P (mm)
Azul	26,8	31,3	24,2	68,5	
Pérola	26,3	31,3	23,8	68,3	
Preta	26,6	31,3	23,9	68,6	634 ¹
Vermelha	27,1	31,4	24,3	67,3	
Pleno sol	27,5	31,4	24,3	70,2	
EXPERIMENTO DE OUTONO/INVERNO					
Azul	21,8	26,3	19,8	56,1	
Pérola	22,3	26,1	19,8	55,3	
Preta	21,4	23,1	18,9	55,6	24,8 ¹
Vermelha	22,1	26,9	19,3	55,3	
Pleno sol	22,5	27,5	20,3	54,4	

Tmed: Média de temperatura média; Tmax: média de temperatura máxima; Tmin: média de temperatura mínima; UR: média de umidade relativa; P: precipitação acumulada.

¹ Dados do Instituto Nacional de Meteorologia.

Fonte: base de dados da pesquisa

2.4 Avaliação

Os experimentos foram avaliados quando, pelo menos, 50% das plantas apresentaram estágio de floração, época indicada como de maior produção de óleo essencial em manjeriço. Foi utilizada a mesma metodologia de avaliação para os dois experimentos; o processo avaliativo envolveu a mensuração das variáveis altura de planta, biomassa fresca e seca da parte aérea, além de determinação do rendimento do óleo essencial das cultivares de manjeriço.

2.4.1 Variáveis agronômicas

Nessa etapa, foram mensuradas: a biomassa fresca da parte aérea, a biomassa fresca de folha e inflorescência, a altura de planta e a biomassa seca da parte aérea. A altura das três plantas da parcela útil foi realizada com auxílio de fita métrica graduada em centímetros, tomando-se o intervalo entre a inserção da planta no solo até o seu ápice.

Para determinar a massa fresca da parte aérea, as três plantas da parcela útil foram cortadas a uma altura de 0,1 m do solo, às 8h. Em seguida, foram pesadas de imediato e determinadas a massa fresca. Logo após, as plantas foram separadas em caule, folhas e inflorescência, além de terem determinadas a massa fresca de folhas e a inflorescência. Pesou-se uma amostra de 200 gramas, contendo as três partes (folhas, caule e inflorescência) da planta em proporções semelhantes às encontradas na cultivar analisada. Essas amostras foram levadas à estufa, com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 60°C até a estabilização da massa. Obteve-se, assim, a biomassa seca da parte aérea em g amostra⁻¹.

2.4.2 Rendimento de óleo essencial

Para a determinação dos parâmetros relacionados com a produção de óleo essencial, foi confeccionada amostra de 600 gramas contendo folhas e inflorescência (na mesma proporção apresentada pelas cultivares) das três plantas coletadas da parcela útil. Essas amostras foram levadas à estufa com circulação forçada de ar a 40°C até a obtenção de peso constante (CARVALHO FILHO et al., 2006).

A massa seca resultante desse processo forneceu material para amostra de 50 gramas, enviada à Universidade Federal de Sergipe para determinação do teor de óleo essencial, pelo método de extração por microondas. Foi utilizado um sistema de reação acelerada por microondas (NEOS, Milestone, Itália); este aparelho é equipado com um sistema circulante de arrefecimento de água. Foram utilizadas amostras de folhas secas para extrair o óleo essencial em uma potência de 500 W por vinte minutos em um volume de água destilada de 100 mL. Os óleos essenciais extraídos foram armazenados em frascos âmbar, a -20°C até análise da composição química.

O teor de óleo essencial foi calculado conforme a equação seguir.

$$\text{Teor (\%, v/m)} = (\text{Volume de óleo essencial extraído da amostra/média da massa seca das folhas}) \times 100$$

Com base no teor de óleo essencial e fitomassa seca da parte aérea, foram calculados os rendimentos do óleo essencial, expressos em mL planta⁻¹.

2.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram, inicialmente, submetidos à verificação dos pressupostos de variâncias homogêneas por meio do teste de Levene, normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk (ou kolmogorov) com o auxílio do programa estatístico SPSS. Todos os testes a 0,05 de significância.

Após o atendimento dos pressupostos, com o auxílio do programa estatístico Sisvar[®] (FERREIRA, 2008), as médias dos parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (vide ANEXO); enquanto as médias dos tratamentos dos cultivos em ambientes com tela foram comparadas com o cultivo a pleno sol utilizando-se o teste de Scheffé. O contraste utilizado foi: cultivares em ambiente com telas (tela azul + pérola + preta + vermelha) *versus* cultivares a pleno sol.

Os dados referentes aos ambientes com tela de cada época de cultivo (primavera/verão e outono/inverno) foram submetidos à análise de variância conjunta (vide ANEXO). Foi considerado modelo estatístico de acordo com Vencovsky e Barriga (1992), a seguir.

$$Y_{ijk} = \mu + (b/a)_{jk} + g_i + a_j + g_{aij} + \epsilon_{ijk}$$

Sendo: Y_{ijk} , observação no K-ésimo bloco, avaliado no i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente; μ , média geral do ensaio; $(b/a)_{jk}$, efeito do bloco k dentro do ambiente j; g_i , efeito do genótipo i; a_j , efeito do ambiente j; ga_{ij} efeito da interação entre o genótipo e o ambiente j; ϵ_{ijk} : erro aleatório associado à observação ijk .

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com auxílio do programa estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis agronômicas

Verifica-se que, para a produção de biomassa fresca da parte aérea, de folha e inflorescência, o uso de telas não apresentou resultados efetivos. A Tabela 2 mostra que apenas para altura de plantas e biomassa seca da parte aérea houve efeito significativo pelo teste de Scheffé. Para altura de plantas, o cultivo sob telados apresentou maiores médias, diferindo do cultivo a pleno sol; para a biomassa seca da parte aérea, o cultivo a pleno sol apresentou maiores médias.

TABELA 2 – Contraste das variáveis altura (cm), biomassa fresca (g planta⁻¹) e seca da parte aérea (g amostra⁻¹), biomassa fresca de folha e inflorescência (g planta⁻¹) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno), comparando o cultivo em ambientes com telas (azul, pérola, preto e vermelha) com o cultivo a pleno sol

CONTRASTES	VARIÁVEIS				
	Altura	Biomassa fresca ¹	Biomassa Seca	BF Folha ¹	BF INF ¹
Com telado	78,2 a	536,7	53,7 b	370,4	169,1
Pleno sol	72,1 b	604,5	56,1 a	416,8	205,4

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F

BF Folha: biomassa fresca de folha; BF INF: biomassa fresca de inflorescências

¹ Variáveis transformadas por \sqrt{x}

Fonte: base de dados da pesquisa

Os resultados em relação à biomassa fresca estão de acordo com os encontrados por Paulus et al. (2016): o cultivo de manjeriço a pleno sol produziu plantas com maior biomassa fresca (723,33 g) em comparação com os ambientes com tela aluminizada, preta e vermelha.

Analisando-se os dados sobre as condições climáticas nos ambientes de cultivo (TAB. 1), verifica-se que houve uma pequena diferença nas temperaturas. Quando se comparam os ambientes com telas com os do cultivo a pleno sol, ela variou de 26,3°C no ambiente com tela azul e a 27,5°C no cultivo a pleno sol. O mesmo ocorrendo para a umidade relativa: o mínimo observado foi no ambiente com tela vermelha, 67,3%, e o máximo de 68,6% sob tela preta.

As condições microclimáticas e a filtragem espectral produzidas pelas telas não foram suficientes para interferir na produção de biomassa fresca da parte aérea, de folha e de inflorescência (TAB. 2). Porém, o sombreamento proporcionado pelas telas contribuiu para o maior crescimento das plantas em altura (TAB. 2), fenômeno que pode estar relacionado com o processo de estiolamento.

Analisando-se o efeito das telas para as diferentes cultivares nas duas épocas de cultivo, verifica-se que a cultivar Italian Large Leaf apresentou a maior altura e que o cultivo de primavera/verão proporcionou condições para o maior crescimento em altura das plantas quando comparado como cultivo de outono/inverno (TAB. 3). A cultivar Maria Bonita apresentou as menores médias de altura de planta; porém, à época de outono/inverno, proporcionou plantas com maior altura (TAB. 3).

TABELA 3 – Altura de plantas (cm) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

CULTIVAR	ÉPOCA		
	Primavera/verão	Outono/inverno	
Maria Bonita	62,25 Bc	69,87 Ab	
Anise	77,23 Ab	70,19 Bb	
Cinnamon	88,29 Aa	84,19 Aa	
Italian Large Leaf	92,47 Aa	81,25 Ba	
CV1 = 11,7%	CV2 = 9,6%	DMS _{Época} = 9,29	DMS _{Cultivar} = 6,82

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Fonte: base de dados da pesquisa

Luz et al. (2014a) verificaram maior crescimento de *Melissa officinalis* L. em cultivo de verão em comparação com o cultivo de inverno. Pinto (2018) verificou efeito da época chuvosa no maior crescimento do manjeriço, a cultivar Anise apresentou altura de 54,11 centímetros em época chuvosa e 36,67 centímetros em época seca, Italian Large, 69,89 centímetros (chuvosa) e 46,69 centímetros (seca) e Maria Bonita 51,03 centímetros (chuvosa) e 39,72 centímetros (seca). Stagnari et al. (2018) verificaram que plantas de manjeriço cultivadas no verão (temperaturas médias de 24,2°C) garantiram maior crescimento em relação ao cultivo de primavera (temperatura média de 19,2°C).

Analisando-se o desempenho das cultivares dentro de cada época de cultivo, verifica-se que no cultivo de primavera/verão e outono/inverno não houve diferença entre as cultivares e as telas (TAB. 4). O espectro luminoso promovido pelas telas não foi suficiente para promover aumento na fitomassa das plantas, tampouco houve diferença do componente genético.

TABELA 4 – Biomassa fresca de parte aérea (g planta⁻¹) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha) e em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

PRIMAVERA/VERÃO				
Ambiente	Cultivar			
	Anise	Cinnamon	Italian Large Leaf	Maria Bonita
Azul	686,0 Aa	682,8 Aa	798,2 Aa	798,8 Aa
Pérola	539,7 Aa	915,0 Aa	711,1 Aa	594,75 Aa
Preto	672,1 Aa	834,3 Aa	672,0 Aa	507,7 Aa
Vermelha	618,3 Aa	918,8 Aa	703,9 Aa	563,2 Aa
CV1 = 16,8%	CV2 = 11,87%	DMS _{Cultivar} = 10,42*		DMS _{Ambiente} = 7,26*
OUTONO/INVERNO				
Ambiente	Cultivar			
	Anise	Cinnamon	Italian Large Leaf	Maria Bonita
Azul	269,93 Aa	507,16 Aa	515,83 Aa	263,33 Aa
Pérola	294,48 Aa	344,83 Aa	445,25 Aa	261,83 Aa
Preto	348,00 Aa	570,91 Aa	297,50 Aa	315,41 Aa
Vermelha	316,02 Aa	467,16 Aa	417,66 Aa	323,25 Aa
CV1 = 17,81%	CV2 = 11,87%	DMS _{Cultivar} = 10,42*		DMS _{Ambiente} = 7,28*

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey dentro de cada época de cultivo, a 0,05 de significância

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

* dados transformados por \sqrt{x}

Fonte: base de dados da pesquisa

Comparando-se a produção de biomassa fresca da parte aérea entre as duas épocas de cultivo, verifica-se que para a cultivar Anise houve diferença entre épocas apenas quando as plantas foram cultivadas sob telado azul. O cultivo de primavera/verão o que proporcionou maiores médias (TAB. 5).

Para a cultivar Cinnamon, houve maior produção de biomassa fresca da parte aérea sob telados pérola em cultivo de primavera/verão. Já para Italian Large Leaf, houve diferença entre as épocas de cultivo somente no ambiente com tela vermelha, sendo maior na primavera/verão. Para Maria Bonita, o telado azul na primavera/verão proporcionou plantas com maior fitomassa em relação ao cultivo de outono/inverno (TAB. 5).

De maneira geral, o cultivo de primavera/verão foi mais favorável ao desenvolvimento do manjeriço. Para cada cultivar, um tipo de tela diferente foi fundamental para maior produção de biomassa da parte aérea; azul para Anise e Maria Bonita; pérola para Cinnamon; e Vermelho para Italian Large Leaf. Assim, pode-se inferir que as cultivares se beneficiam de maneira diferente dos comprimentos de onda proporcionado pelas telas.

Ferreira et al. (2016) verificaram que em condições de maior temperatura e umidade há maior produção de biomassa fresca da parte aérea, área foliar, projeção da copa e número de folhas em manjeriço. Stagnari et al. (2018) verificaram que plantas de manjeriço cultivadas no verão (temperaturas médias de 24,2°C) garantiram maior crescimento em relação ao cultivo de primavera (temperatura média de 19,2°C).

TABELA 5 – Biomassa fresca da parte aérea (g planta⁻¹) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha) e em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

AMBIENTE	ÉPOCA	CULTIVAR			
		Anise	Cinnamon	Italian Large Leaf	Maria Bonita
Azul	P/V	686,0 a	682,8 a	798,2 a	798,8 a
	O/I	269,93 b	507,16 a	515,83 a	263,33 b
Pérola	P/V	539,7 a	915,0 a	711,1 a	594,7 a
	O/I	294,48 a	344,83 b	445,25 a	261,83 a
Preto	P/V	672,1 a	834,3 a	672,0 a	507,7 a
	O/I	348,00 a	570,91 a	297,50 a	315,41 a
Vermelha	P/V	618,3 a	918,8 b	703,9 a	563,2 a
	O/I	316,02 a	467,16 a	417,66 b	323,25 a
CV1 = 17,81%		CV2 = 11,87%		DMS _{Época} = 961*	

Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey dentro de cada ambiente, a 0,05 de significância

P/V: primavera/verão; O/I: outono/inverno

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

* dados transformados por \sqrt{x}

Fonte: base de dados da pesquisa

Houve efeito significativo da época de cultivo para o parâmetro biomassa fresca de folhas; e o cultivo na primavera/verão proporcionou maior produção de folhas (TAB. 6). Também Ferreira et al. (2016) verificaram maior produção de biomassa fresca de folha em manjeriço cultivado na primavera em comparação com o cultivo no período de outono.

TABELA 6 – Biomassa fresca de folhas (g planta⁻¹) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

ÉPOCA	BIOMASSA FRESCA DE FOLHAS
Primavera/verão	422,3 a
Outono/inverno	318,5 b
CV1 = 33,3%	CV2 = 26,1%
	DMS _{Época} = 1,47*

Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

* dados transformados por \sqrt{x}

Fonte: base de dados da pesquisa

De acordo com Nejat-zadeh-Barandozi (2020), o processo de diminuição da área foliar está relacionado com escassez de água. A redução da água leva à diminuição da absorção dos elementos e do crescimento das folhas, que por sua vez fazem com que o nível de transpiração da planta diminua. Este é, então, o primeiro mecanismo da planta para lidar com a seca. A redução da área foliar faz com que ocorra menor absorção da luz solar e a subsequente diminuição da fotossíntese, o que leva à queda na produção de matéria seca e rendimento da planta.

Temperaturas baixas (temperaturas mínimas nos ambientes variaram de 18,9 a 20,3 °C), umidade relativa baixa (variação de 54,4 a 56,1%) e precipitação reduzida durante o período de condução do experimento (TAB. 1) não proporcionaram condições ideais para o crescimento do manjeriço tendo em vista que o manjeriço desenvolve-se melhor em clima quente e úmido (MINAMI et al., 2007).

Em relação à produção de biomassa fresca de inflorescência, observa-se na Tabela 7 que houve efeito significativo na interação entre os fatores época de cultivo e cultivares. As cultivares Anise e Cinnamon apresentaram maior biomassa fresca de inflorescência; a primeira apresentou maior produção na primavera/verão, a segunda foi mais favorável no outono/inverno. Maria Bonita apresentou as menores médias de biomassa fresca de inflorescência e a época de primavera/verão apresentou condições para maior produção desse parâmetro.

TABELA 7 – Biomassa fresca de inflorescência (g planta⁻¹) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

ÉPOCA	CULTIVAR			
	Anise	Cinnamon	Italian Large Leaf	Maria Bonita
P/V	158,8 Aa	160,8 Ab	106,4 Ab	21,7 Bb
O/I	179,9 Ba	325,8 Aa	237,2 ABa	161,7 Ba
CV1 = 26,6%	CV2 = 27,4%	DMS _{Época} = 89,81*		DMS _{Cultivar} = 2,33*

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. P/V=primavera/verão e O/I=outono/inverno. DMS – Diferença mínima significativa do teste de Tukey.

* dados transformados por \sqrt{x} .

Fonte: base de dados da pesquisa

Para biomassa seca da parte aérea houve efeito significativo apenas do ambiente de cultivo, onde as telas pérola e vermelha apresentaram as maiores médias. Também Costa et al. (2012) observaram maior acúmulo de matéria seca em hortelã-pimenta cultivada em ambiente com tela vermelha quando comparada com malha preta e azul. E Paulus et al. (2016) verificaram maior biomassa seca em manjeriço cultivado sob tela aluminizada em comparação com ambiente em tela preta, vermelha e pleno sol. Resultados semelhantes foram encontrados por Martins et al. (2008), que verificaram menor massa seca em plantas e *O. gratissimum* L. sob malha preta e maior em cultivo a pleno sol e malha azul.

TABELA 8 – Biomassa seca da parte aérea (g amostra⁻¹) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha)

AMBIENTE	BIOMASSA SECA
Azul	53,2 ab
Pérola	56,1 a
Preto	49,4 b
Vermelha	55,8 a
CV1 = 14,2%	CV2 = 13,9%
DMS _{Ambiente} = 5,95	

Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, dentro de cada ambiente, a 0,05 de significância.

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

Fonte: base de dados da pesquisa

Pelo exposto até o momento, as telas fotosseletivas apresentaram efeito no manjeriço apenas para a altura de plantas e biomassa fresca da parte aérea. A época de cultivo apresentou maior influência no desenvolvimento da cultura, afetando todos os parâmetros agrônômicos analisados.

3.2 Rendimento de óleo essencial

De acordo com o contraste realizado pelo teste de Scheffé, o rendimento de óleo essencial não apresentou diferença estatística significativa entre plantas cultivadas a pleno sol e sob telados (TAB. 9).

TABELA 9 – Contraste de rendimento de óleo essencial (mL planta⁻¹) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas (primavera/verão e outono/inverno), comparando o cultivo sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha) com o cultivo a pleno sol

CONTRASTE	COM TELADO	PLENO SOL
Rendimento de óleo (mL planta ⁻¹)	1,3041	1,5526

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste F

Fonte: base de dados da pesquisa

Em relação ao rendimento do óleo essencial (TAB. 10) verifica-se que houve maior rendimento em época primavera/verão. As condições da época de primavera/verão proporcionaram maior produção de biomassa fresca de folha (TAB. 6) e, assim, contribuíram para elevar o rendimento do óleo. Também Padalia et al. (2017) verificaram maior produtividade de óleo essencial, em três cultivares de manjeriço, na época de plantio chuvosa/outono em comparação com a temporada de cultivo de primavera/verão na Índia. Pinto et al. (2019) constataram diferenças na produção de óleo essencial entre duas estações de cultivo em diferentes cultivares de manjeriço: o teor de óleo essencial variou de 0,66% a 3,21% no cultivo de época seca e de 0,80% a 4,20% na estação chuvosa.

TABELA 10 – Rendimento de óleo (mL planta⁻¹) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas sob diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preta e vermelha) e em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

CULTIVO	RENDIMENTO DE ÓLEO (ML PLANTA ⁻¹)
Primavera/verão	1,8836 a
Outono/inverno	0,7218 b
CV1 = 62,6%	CV2 = 68,4%
	DMS _{Época} = 0,3157

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

Fonte: base de dados da pesquisa

As condições de cultivo de primavera/verão proporcionaram melhores condições para o desenvolvimento do manjericão em relação aos parâmetros agronômicos (produção de fitomassa fresca da parte aérea, biomassa de folhas e altura de plantas), e isso elevou a produtividade do óleo essencial nessa época de cultivo. Mais: segundo Alcantara et al. (2018), a temperatura e a umidade do ar são importantes fatores que podem modificar o funcionamento do metabolismo secundário da planta. Plantas como o manjericão apresentam maior produção de óleo essencial em clima quente e úmido.

Importante fator que leva à menor produção de óleo essencial no outono/inverno é relatado por Luz et al. (2014b): uma característica da época em que o clima está seco na região do cerrado, como no outono/inverno, é a presença de ventos fortes e frios durante o dia e a noite, que por sua vez exercem influência direta em espécies que possuem estruturas histológicas de estocagem de óleo na superfície das estruturas vegetais com as plantas da família Lamiaceae.

4 Conclusões

O cultivo de manjericão sob telas fotosselativas aumentou a altura de plantas. O uso de tela azul em cultivo de primavera/verão proporcionou maior biomassa fresca da parte aérea para as cultivares Anise e Maria Bonita, pérola para Cinnamon e vermelha para Italian Large Leaf. O uso de telas não promoveu aumento de produtividade do óleo essencial. A época de cultivo de primavera/verão proporcionou plantas com maior altura, maior produção de biomassa fresca de folhas e maior rendimento do óleo essencial.

Referências

ABRÃO, M. E. G. **Determinação dos parâmetros físico-meteorológico para estimativa da evapotranspiração potencial, caracterização e classificação do clima em Ituiutaba**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ALCANTARA, F. D. O.; SILVA, T. I.; MACIEL, T. C. M.; MARCO, C. A.; SILVA, F. B. Teor e fitoquímica de óleo essencial de manjeriço em diferentes horários de colheita. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, MS, v. 5, n. 4, p. 1 - 6, out./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.1682>. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1682>. Acesso em: 16 jun. 2020.

BIZZO, H. R. Óleos essenciais uma fonte de divisas a ser mais explorada no Brasil. **Revista A Lavoura**, Ano 116, n. 699, 2013. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/oleos-essenciais-uma-fonte-de-divisas-a-ser-mais-explorada-no-brasil-2/>. Acesso em: 2 jan. 2020.

BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS NETO, A. L.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjeriço e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 113-116, jan./mar 2004.

BLANK, A. F.; SOUZA, E. M. ARRIGONI-BLANK, M. de, F.; PAULA, J. W. A. de; ALVES, P. B. Novas cultivares Maria Bonita: cultivar de manjeriço tipo linalol. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1811-1813, dez. 2007a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001200020>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007001200020. Acesso em: 12 dez. 2019.

BLANK, A. F.; ROSA, Y. R. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS, C. A.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ARRIGONI-BLANK, E. S. N.; ALVES, P. B. A diallel study of yield components and essential oil constituents in basil (*Ocimum basilicum* L.). **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, New York, v. 38, p. 93–98, 2012. DOI:10.1016/j.indcrop.2012.01.015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669012000507>. Acesso em: 10 fev. 2020.

CARVALHO FILHO, J. L. S.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; EHLERT, P. A.D.; MELO, A S.; CAVALCANTI, S. C.H.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacologia**, Paraná, v. 6, n. 1, p. 24-30, jan./mar. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2006000100007>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2006000100007. Acesso em: 10 jun. 2020.

COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 534-540, abr. 2012.

COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n.4, p534-540, abr. 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000400009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262619644_Vegetative_growth_and_yield_of_essential_oil_of_peppermint_grown_under_nets. Acesso em: 21 jan. 2020.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análises de variância de dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Versão 4.3. Lavras: UFLA, 2008.

FERREIRA, S. D.; BULEGON, L. G.; YASSUE, R. M.; ECHER, M. M. Efeito da adubação nitrogenada e da sazonalidade na produtividade de *Ocimum basilicum* L. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 67 – 73, jan./mar., 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_035. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1516-05722016000100067&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 26 abr. 2019.

LUZ, J. M. Q.; SILVA, S. M.; HABBER, L. L.; MARQUEZ, M. O. M. Produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 552 – 560, 2014a. DOI: 10.1590/1983-084X/11_130. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722014000300012. Acesso em: 20 mar. 2020.

LUZ, J. M.; RESENDE, R. F.; SILVA, S. M.; SANTANA, D., G.; CAMILO, J. S.; BLANK, A. F.; HABER, L. L. Produção de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, Lampa, Chile, v. 13, n. 1, p. 69 – 80. 2014b. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85629766007>. Acesso em: 12 out. 2019.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B.; SILVA, A. P. O. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 102-107, 2008.

MINAMI, K.; MELLO, S., C.; WATANABE, A., T. **A cultura do manjeriço**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1811-1813, dez. 2007.

NEJATZADEH-BARANDOZI, Fatemeh. Effects of different levels of mulch and irrigation on growth traits and essential oil content of basil. **Italian Journal of agronomy**, Sassari, Italia, v. 15, n. 1247, p. 222 – 228, 2020.

DOI:10.4081/ija.2020.1247. Disponível em:

<https://agronomy.it/index.php/agro/article/view/1247>. Acesso em: 10 jun. 2020.

PADALIA, R. C.; VERMA, R. S.; UPADHYAY, R. K.; CHAUHAN, A.; SINGH, V. R. Productivity and essential oil quality assessment of promising accessions of *Ocimum basilicum* L. from north India. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, New York, v. 97, p. 79-86, 2017. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.008>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092666901630838X>.

Acesso em: 1 jan. 2020.

PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; FERREIRA, S.B.; ZORZZI, I.C.; NAVA, G.A. Biomassa e composição do óleo essencial de manjeriço cultivado sob malhas fotoconversoras e colhido em diferentes épocas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, jan./mar. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160000100007>. Disponível em:

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-053620160000100046)

[053620160000100046](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-053620160000100046). Acesso em: 10 abr. 2020.

PINTO, J. A. O.; BLANK, A. F.; ANDRADE, T. M.; FILHO, J. C. F.; NASCIMENTO, L. F. A.; SILVA, D. C.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Cropping season affect the performance of basil cultivars and hybrids. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 34, n. 3, p. 640 – 647m 2018. DOI:

<https://doi.org/10.14393/BJ-v34n3a2018-39377>. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/39377>. Acesso em: 20 dez. 2019.

PINTO, Jéssica Andreza O.; BLANK, Arie Fitzgerald; NOGUEIRA, Paulo Cesar L.; ARRIGONI-BLANK, Maria de Fátima; ANDRADE, Thiago M.; SAMPAIO, PEREIRA, Katily Luize G. Chemical characterization of the essential oil from leaves of basil genotypes cultivated in different seasons. **Boletín latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromáticas**, Lampa, Chile, v. 18, n. 1, p. 58 – 70, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.35588/blacpma.19.18.1.05>. Disponível em:

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1007470>. Acesso em: 27 mar. 2019.

STAGNARI, F.; DI MATTIA, C.; GALIENI, A.; SANTARELLI, V.; D'EGIDIO, S.; PAGNANI, G.; PISANTE, M. Light quantity and quality supplies sharply affect growth, morphological, physiological and quality traits of basil. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, v. 122, p. 277–289, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.073>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669018304928>.

Acesso em: 10 jun. 2020.

VENCOVSKY, R., BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

CAPÍTULO 3

TELAS FOTOSSELETIVAS, FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM MANJERICÃO**Resumo**

O manjeriçõ, *Ocimum basilicum* L., é uma espécie de grande importância econômica graças à extração de seu óleo essencial. Porém, sua produção sofre grande variação dada a interação do genótipo com fatores ambientais. O uso de telas fotosselativas representa uma alternativa para maximizar o potencial produtivo dessa espécie, pois transmitem seletivamente certos comprimentos de ondas, interferindo diretamente na fisiologia da planta. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de telas fotosselativas (pérola, azul, vermelha e preta) em quatro cultivares de manjeriçõ (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf, e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio, no índice de clorofila, fluorescência da clorofila, e no teor e composição de óleo essencial. Os dois experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados, testando-se nas parcelas cinco ambientes de cultivo (três malhas fotosselativas nas cores perola, azul e vermelha, todas com 20% de sombreamento, uma tela preta com 30% de sombreamento, adquiridas da empresa Chromatinet®, e o controle – cultivo a pleno sol) e, nas subparcelas, quatro cultivares de manjeriçõ (Maria Bonita, Cinnamon, Anise e Italian Large Leaf). Na avaliação do experimento, foram mensurados o teor de clorofila a e b, a fluorescência da clorofila e teor e composição de óleo essencial. Foi realizado contraste utilizando-se o teste de Scheffé, para comparação do cultivo sob telas e a pleno sol. Os dados das duas épocas de cultivo foram submetidos à análise de variância conjunta e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O cultivo de manjeriçõ sob telas fotosselativas aumentou a altura de plantas. A época de cultivo de primavera/verão proporcionou melhores condições para o funcionamento do aparato fotossintético das plantas e proporcionou maiores teores do óleo essencial e de seus principais constituintes. A cultivar Maria Bonita apresentou melhor rendimento do aparato fotossintético e, por consequência, maior teor de óleo essencial. As telas não promoveram variação nos índices de fluorescência da clorofila e no teor de óleo essencial, porém alteraram a concentração dos principais constituintes dos óleos essenciais em todas as cultivares. A tela azul no cultivo de primavera/verão aumentou o teor de linalol nas cultivares Cinnamon e Maria Bonita. A tela vermelha aumentou o teor de linalol na cultivar Italian Large Leaf e de metil chavicol nas cultivares Anise e Cinnamon em cultivo de primavera/verão. A tela pérola em cultivo de primavera/verão elevou o teor de (E)-cinamato de metila na cultivar Cinnamon.

Palavras-chave: *Ocimum basilicum* L. Fluorescência da clorofila. Sazonalidade ambiental.

Abstract

Photoselective screens, chlorophyll fluorescence and essential oil composition in basil

Basil, *Ocimum basilicum* L., is a species of great economic importance due to the extraction of its essential oil. However, their production varies widely due to the interaction of the genotype with environmental factors. The use of photosensitive screens represents an alternative to maximize the productive potential of this species, as they selectively transmit certain wavelengths, directly interfering in the plant's physiology. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of photoselective screens (pearl, blue, red and black) on four basil cultivars (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf, and Maria Bonita), grown in two planting times, in the index chlorophyll, chlorophyll fluorescence, and essential oil content and composition. The two experiments were implemented in a randomized block design, testing in the plots, five cultivation environments (three photoselective screens in the colors pearl, blue and red, all with 20% shading, a black screen with 30% shading, acquired from the company Chromatinet®, and the control - cultivation in full sun), and in the subplots, four cultivars of basil (Maria Bonita, Cinnamon, Anise and Italian Large Leaf). In the evaluation of the experiment, the content of chlorophyll a and b, the fluorescence of chlorophyll and the content and composition of essential oil were measured. Contrast was performed, using the Scheffé test, to compare the culture under screens and in full sun. The data of the two growing seasons were submitted to joint analysis of variance and compared by the tukey test at 5% probability. The cultivation of basil under photoselective screens increased the height of plants. The spring/summer growing season provided better conditions for the functioning of the photosynthetic apparatus of the plants and provided higher levels of essential oil and its main constituents. The cultivar Maria Bonita showed the better performance of photosynthetic stoe and, consequently, higher content of essential oil. The screens did not promote variation in the chlorophyll fluorescence indices and essential oil content, but they did change the concentration of the main constituents of essential oils in all cultivars. The blue screen in the spring/ summer crop increases the linalool content in the Cinnamon and Maria Bonita cultivars. The red screen increased the linalool content in the Italian Large Leaf cultivar and methyl chavicol in the Anise and Cinnamon cultivars in spring/ summer cultivation. The pearl mesh in spring/summer cultivation increased the content of methyl (E) -cinnamon in the cultivar Cinnamon

Keywords: *Ocimum basilicum* L. Chlorophyll fluorescence. Environmental seasonality.

1 INTRODUÇÃO

A espécie da família Lamiaceae, *Ocimum basilicum* L., conhecida popularmente como manjerição, originária da Ásia e introduzida no Brasil pelos colonos italianos, apresenta-se amplamente difundida em território brasileiro. Segundo a medicina popular a planta possui ação digestiva, cicatrizante, diurética, antigripal e estimulante (MINAMI et al., 2007).

O manjerição apresenta um amplo consumo *in natura* — suas folhas são utilizadas na culinária como condimento e no preparo de molhos e saladas; porém, sua importância econômica está relacionada, sobretudo, com o óleo essencial extraído de suas folhas e flores, que é matéria-prima para a indústria de cosméticos, perfumaria, farmacêutica, alimentícia e de bebidas. Já foram relatadas atividades antioxidantes (JULIANI; SIMON, 2002), antimicrobiana (CAROVIĆ-STANKO et al., 2010) e como repelente de insetos (PERUMALSAMY et al., 2014).

Os estímulos decorrentes do ambiente onde as plantas se encontram podem redirecionar a rota metabólica de plantas aromáticas como o manjerição e, assim, ocasionar a biossíntese de compostos distintos do metabolismo secundário. Dessa forma, a composição química e o teor de óleo essencial podem ter influência da sazonalidade, ou seja, a alteração das condições climáticas em cada estação (MORAIS, 2009). Nesse sentido, é necessário conhecer o comportamento das variedades de manjerição com relação aos efeitos da região de plantio; ou seja, é necessário encontrar o material genético mais adaptável às condições edafoclimáticas locais e a época de plantio mais adequada no calendário agrícola. De acordo com Akbari et al. (2018), a composição do óleo essencial de manjerição é muito dependente da localização geográfica da área de cultivo e das condições de crescimento.

As malhas fotosseletivas ou fotoconversoras são materiais que podem atenuar os efeitos climáticos adversos, pois promovem proteção física e proporcionam um microclima mais favorável. Além disso, modificam a intensidade e o comprimento de onda que incidem sobre as plantas, transmitindo seletivamente certos comprimentos de ondas; logo, alteram a resposta fotomorfogênica das espécies vegetais. Com o uso das telas fotosseletivas, alterações fisiológicas podem ocorrer nas plantas, pois o

espectro de luz diferenciado promovido por estas podem influenciar a síntese de pigmentos fotossintéticos, alterar a fluorescência da clorofila e, assim, interferir na taxa de fotossíntese.

O Fotossistema II é um componente sensível do aparato fotossintético. Com isso, alterações no espectro luminoso promovidas pelas telas fotosseletivas e possíveis estresses provocados pelas condições de clima da época de plantio vão afetar seu funcionamento. Os impactos no Fotossistema II podem ser analisados pela fluorescência da clorofila por meio de parâmetros que analisam absorção, transporte e dissipação de energia na cadeia transportadora de elétrons. As possíveis alterações no aparato fotossintético da planta podem influenciar a produção e composição do óleo essencial de manjeriço.

Dito isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de telas fotosseletivas (pérola, azul, vermelha e preta) em quatro cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf, e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio, no índice de clorofila, fluorescência da clorofila e no teor e na composição de óleo essencial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

O trabalho aqui descrito foi desenvolvido em duas épocas. Houve um cultivo na primavera/verão, entre setembro de 2017 e janeiro de 2018, e outro cultivo no período de outono/inverno, de maio a outubro de 2018. Ambos foram desenvolvidos na fazenda experimental pertencente à Universidade do Estado de Minas Gerais, unidade Ituiutaba, cujas coordenadas geográficas são 18° 95' 07.42", latitude S e 49° 52' 63.98", longitude W. O clima em Ituiutaba, de acordo com classificação de Koppen, é do tipo Aw, tropical chuvoso (ABRÃO, 2007).

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os dois experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados. Houve teste, nas parcelas, de cinco ambientes de cultivo (três malhas fotosselativas nas cores pérola, azul e vermelha, todas com 20% de sombreamento, uma tela preta com 30% de sombreamento, adquiridas da empresa Chromatinet®, e o controle — cultivo a pleno sol); e, nas subparcelas, de quatro cultivares de manjeriço: Maria Bonita, Cinnamon, Anise e Italian Large Leaf. Os experimentos foram desenvolvidos com quatro blocos, e as parcelas experimentais foram compostas de nove plantas, sendo a parcela útil composta das três plantas centrais e as demais representaram a bordadura.

2.2.1 Cultivares

Para a condução do experimento, foram utilizadas as cultivares de manjeriço Anise, Cinnamon, Italian Large e Maria Bonita. No caso da cultivar Maria Bonita, as sementes foram produzidas pelo programa de melhoramento genético de plantas medicinais da Universidade Federal de Sergipe e doadas pelo professor Arie Fitzgerald Blank. As sementes das cultivares Anise, Cinnamon e Italian Large Leaf foram produzidas pela empresa Richters®.

A cultivar Anise (FIG. 3a) tem, como componente majoritário, o metil chavicol. A cultivar Cinnamon (FIG. 3b) tem largura média na copa de 39,75 centímetros, e o metil cinamato é o seu constituinte principal — mas pode

apresentar, também, linalol na sua composição (BLANK et al., 2012). A Italian Large Leaf (FIG. 3c) é rica em linalol (COSTA et al., 2015), tem copa arredondada, pétalas brancas e sépalas verdes, com largura média da copa de 61 centímetros (BLANK et al., 2004). A cultivar Maria Bonita (FIG. 3d) é a primeira de manjeriço a ser melhorada e registrada no Brasil. Tem folha com comprimento médio de 6,5 centímetros e largura de 2,8 centímetros, a largura média da copa é de 45,7 centímetros, o diâmetro médio do caule é de 1,32 centímetros, com altura média de 45,5 centímetros e hábito de crescimento ereto. Como constituinte majoritário, tem o linalol em seu óleo essencial (BLANK, 2007a).

FIGURA 3 – Cultivar Anise (a), Cinnamon (b), Italian Large Leaf (c) e Maria Bonita (d) cultivadas na fazenda experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais em época de primavera/verão e outono/inverno



Fonte: base de dados da pesquisa; fotografia: Miriam Nomura (2018)

2.3 Instalação e condução dos experimentos

No mês de julho de 2017 iniciou-se a construção dos ambientes de cultivo. Foram formados por estruturas com dimensões de 5 metros de largura, por 5 metros de comprimento com altura maior de 1,8 metro. Ao todo, foram 25 metros quadrados de área. A estrutura do ambiente de cultivo foi construída com quatro postes de eucalipto de dois metros e 20 centímetros, fincados no solo em profundidade de 40 centímetros. Um poste central foi fixado para ser suporte da tela no centro da estrutura. Os ambientes foram construídos com telas cobrindo as laterais e o teto, de maneira que toda a incidência de radiação solar passasse por elas. A disposição dos ambientes respeitou a distância de três metros entre cada ambiente de cultivo (FIG. 4).

Em agosto de 2017, realizou-se a amostragem de solo na profundidade de 0-0,2 metros para a caracterização química da área: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -5,8; Al – 0

cmol_c dm⁻³, P - 13,7 mg dm⁻³; K 264,2 mg dm⁻³; Ca 4,0 cmol_c dm⁻³; Mg 1,25 cmol_c dm⁻³; Al 0,65 cmol_c dm⁻³ e MO de 24 g kg⁻¹ e V - 56%. Também foi realizado o preparo do solo, com aração e gradagem, ao que seguiu o levantamento de três canteiros em cada ambiente de cultivo. Cada canteiro foi construído com dimensões de 5 metros de comprimento, 1,2 metro de largura e 30 centímetros de altura. Foram espaçados entre si com distância de 30 centímetros. De acordo com resultado da análise de solo, foi feita a correção do solo com a aplicação de 1,6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico dois meses antes do transplante das mudas de manjeriço, além de adubação de plantio com aplicação de 430 kg ha⁻¹ da formulação 8-28-16.

FIGURA 4 – Ambientes de cultivo do experimento época de primavera/verão e outono/inverno



Fonte: base de dado da pesquisa; fotografia: Miriam Nomura (2018)

No segundo cultivo, aproveitaram-se as estruturas já montadas do experimento de primavera/verão. Assim, o preparo do solo envolveu apenas seu revolvimento no interior dos ambientes de cultivo tendo em vista que as estruturas dos ambientes já estavam montadas. Como não foi possível

preparar o solo com máquinas agrícolas, utilizou-se enxada manual para revolver o solo e levantar canteiros. As mudas a serem plantadas foram produzidas em viveiro especializado para produção delas.

A semeadura do primeiro cultivo foi realizada em 23 de setembro de 2017; a do segundo, em 11 de maio de 2018. Foram utilizadas bandejas de poliestireno expandido de 128 células preenchidas com substrato comercial próprio para produção de mudas. Foram depositadas duas sementes por célula a 0,5 centímetro de profundidade. As bandejas foram cobertas com camada de vermiculita e irrigadas diariamente. Após a emergência das plântulas, foi feito o desbaste de plantas excedentes, de modo a deixar uma muda por célula. As mudas foram transplantadas para os canteiros definitivos em cada ambiente de cultivo no dia 2 de novembro de 2017 — no experimento de época de primavera/verão — e no dia 20 de junho — no experimento de outono/inverno. O espaçamento foi de 30 centímetros entre plantas e de 60 centímetros entre fileiras. No desenvolvimento dos experimentos, houve controle de plantas infestantes com capina manual e irrigação por aspersão.

Ao longo do desenvolvimento dos experimentos, foram anotadas temperaturas mínimas, médias e máximas do ar (°C), além da umidade relativa do ar (%), com o auxílio de termohigrômetro digital em cada ambiente de cultivo (TAB. 11).

TABELA 11 – Dados médios meteorológicos durante o período de condução dos experimentos de primavera/verão e outono/inverno em Ituiutaba, MG

EXPERIMENTO DE PRIMAVERA/VERÃO					
Ambiente	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	P (mm)
Azul	26,8	31,3	24,2	68,5	
Pérola	26,3	31,3	23,8	68,3	
Preta	26,6	31,3	23,9	68,6	634 ¹
Vermelha	27,1	31,4	24,3	67,3	
Pleno sol	27,5	31,4	24,3	70,2	
EXPERIMENTO DE OUTONO/INVERNO					
Azul	21,8	26,3	19,8	56,1	
Pérola	22,3	26,1	19,8	55,3	
Preta	21,4	23,1	18,9	55,6	24,8 ¹
Vermelha	22,1	26,9	19,3	55,3	
Pleno sol	22,5	27,5	20,3	54,4	

Tmed: média de temperatura média; Tmax: média de temperatura máxima; Tmin: média de temperatura mínima; UR: média de umidade relativa; P: precipitação acumulada

¹ Dados do Instituto Nacional de Meteorologia

Fonte: dados da pesquisa

2.4 Avaliação

Os experimentos foram avaliados quando, pelo menos, 50% das plantas apresentaram estágio de floração, época indicada como de maior produção de óleo essencial em manjeriço. Foi utilizada a mesma metodologia de avaliação para os dois experimentos, sendo que, o processo avaliativo envolveu a determinação do teor de clorofila a e b, a fluorescência da clorofila e o teor e composição do óleo essencial das quatro cultivares analisadas nas duas épocas de cultivo.

2.4.1 Índices de clorofila e fluorescência

Realizou-se o levantamento do teor de clorofila a e b em plantas da parcela útil às 8h. Nessa ocasião, foram amostradas três folhas, uma folha da parte inferior, outra da parte mediana e a terceira da parte superior. Utilizou-se o aparelho medidor eletrônico de clorofila, o clorofilômetro ClorofiLog CFL 1030. Esse aparelho funciona por meio de fotodiodos emissores em três comprimentos de onda. Dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila ($\lambda = 635$ e 660 nm); e um emite no infravermelho próximo ($\lambda = 880$). Um sensor do aparelho recebe a radiação transmitida através do tecido foliar. Por meio dessas informações, o dispositivo gera dados denominados Índice de Clorofila Falker (ICF) proporcional à absorbância das clorofilas (BARBIERI JÚNIOR et al., 2012).

Em seguida, foram mensurados os parâmetros de fluorescência de clorofila com o aparelho FluorPen FP100. A leitura foi realizada no terço médio de das plantas da parcela útil no período noturno, entre 4h e 6h, a fim de garantir a adaptação das folhas ao escuro. Os parâmetros de fluorescência da clorofila foram estimados conforme Strasser et al. (2000).

A FluorPen FP100 funciona emitindo, de início, uma luz de medição para adquirir um nível mínimo de fluorescência. Um *flash* rápido de saturação é aplicado para reduzir o *pool* de plastoquinona. Dessa forma, é possível medir a fluorescência máxima no estado adaptado ao escuro. Em seguida, ocorre um relaxamento breve no escuro, e a amostra é, então, exposta à irradiância actínica por dezenas a centenas de segundos para provocar um transitório do efeito Kautsky (MANUAL FluorPen, 2020; STRASSER et al., 2000). Uma luz

com elevada intensidade luminosa ($>2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) é utilizada para “fechar” os centros de reação para que seja possível efetuar as análises das reações relacionadas com dissipações fotoquímicas da fotossíntese, quando ocorre a doação de elétron proveniente da molécula de água para um acceptor denominado nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP), também chamados de *quenichings*. Assim, há condições de monitorar o rendimento quântico da fluorescência de clorofila de maneira contínua e uma série de parâmetros é mensurada. De acordo com Strasser et al. (2000) os parâmetros de fluorescência da clorofila podem ser divididos em: Fluorescência; eficiência quântica ou taxas de fluxo; fluxos específicos de energia (QUADRO 1).

QUADRO 1 – Parâmetros de fluorescência, eficiência quântica e fluxos de energia medidos pela Fluor Pen utilizados em época de primavera/verão e outono/inverno

FLUORESCÊNCIA	
F_0	Intensidade de fluorescência inicial em 50 μs (microsegundo)
F_J	Intensidade da fluorescência a dois ms (milissegundos)
F_I	Intensidade da fluorescência a 60 ms
F_M	Intensidade máxima de fluorescência
F_V	Fluorescência variável ($F_V = F_M - F_0$)
F_V/F_M	Eficiência fotoquímica máxima
M_0	$M_0 = TR_0 / RC - ET_0 / RC = 4 (F_{300} - F_0) / (F_M - F_0)$
Area	Área entre a curva de fluorescência e a F_M
S_M	$S_M = \text{Area} / (F_M - F_0)$
S_S	$S_S =$ a medida de energia necessária para reduzir a Q_A uma única vez
N	$N = S_M \cdot M_0 \cdot Q_A$ número de rotatividade ($1 / V_J$)
EFICIÊNCIA QUÂNTICA OU TAXAS DE FLUXO	
Φ_{P_0}	$\Phi_{P_0} = (1 - F_0) / F_M$ ou F_V/F_M
Φ_{E_0}	$\Phi_{E_0} = (1 - F_0/F_M) \cdot \Psi_0$
Φ_{D_0}	$\Phi_{D_0} = 1 - \Phi_{P_0} - (F_0 / F_M)$
Ψ_0	$\Psi_0 = 1 - V_J$
FLUXOS ESPECÍFICOS DE ENERGIA	
ABS/RC	$ABS/RC = M_0 \cdot (1 / V_J) \cdot (1 / \Phi_{P_0})$
TR ₀ /RC	$TR_0 / RC = M_0 \cdot (1 / V_J)$
ET ₀ /RC	$ET_0 / RC = M_0 \cdot (1 / V_J) \cdot \Psi_0$

Fonte: adaptado de Strasser et al. (2000)

2.4.2 Teor e composição química do óleo essencial

Para a determinação dos parâmetros relacionados com a produção de óleo essencial, foi confeccionada amostra de 600 gramas contendo folhas e inflorescência (na mesma proporção apresentada pelas cultivares) das três plantas coletadas da parcela útil. Essas amostras foram levadas à estufa com

circulação forçada de ar a 40°C até a obtenção de peso constante (CARVALHO FILHO et al., 2006). A massa seca resultante desse processo forneceu material para amostra de 50 gramas, que foi enviada à Universidade Federal de Sergipe para determinação do teor de óleo essencial pelo método de extração por microondas. Foi utilizado um sistema de reação acelerada por aparelho de microondas (NEOS, Milestone, Itália) equipado com um sistema circulante de arrefecimento de água. Foram utilizadas amostras de folhas secas para a extração do óleo essencial em uma potência de 500W por 20 minutos em um volume de água destilada de 100 mL. Os óleos essenciais extraídos foram armazenados em frascos âmbar a -20°C até a análise da composição química.

O teor de óleo essencial foi calculado de acordo com a equação a seguir.

$$\text{Teor (\%, v/m)} = (\text{Volume de óleo essencial extraído da amostra/média da massa seca das folhas}) \times 100$$

As análises foram realizadas utilizando um CG/EM/DIC (GCMSQP2010 Ultra, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com amostrador com injeção automática AOC-20i (Shimadzu). As separações foram realizadas em uma coluna capilar de sílica fundida Rtx[®]-5MS Restek (5%-difenil-95%-dimetilpolisiloxano) de 30 m por 0,25 mm de diâmetro interno, 0,25 mm de espessura de filme, em um fluxo constante de Hélio 5.0 com taxa de 1,0 mL min⁻¹. A temperatura de injeção foi de 280 °C, 1,0 µL (10 mg mL⁻¹) de amostra foi injetado, com uma razão de *split* de 1:30. A programação de temperatura do forno iniciou-se a partir de 50 °C (isoterma durante 1,5 min), com um aumento de 4 °C min⁻¹, até 200 °C, em seguida, a 10 °C min⁻¹ até 300 °C, permanecendo por 5 min. Para o CG/EM as moléculas foram ionizadas por ionização por elétrons com energia de 70 eV. Os fragmentos analisados por um sistema quadrupolar programado para filtrar fragmentos/íons com *m/z* na ordem de 40 a 500 Da e detectados por um multiplicador de elétrons. O processamento de dados foi realizado com software CGMS Postrun Analysis (Labsolutions-Shimadzu). O processo de ionização para o CG/DIC foi realizado pela chama proveniente dos gases hidrogênio 5.0 (30 mL min⁻¹) e ar sintético

(300 mL min⁻¹). As espécies foram coletadas, e a corrente elétrica gerada foi amplificada e processada. O processamento de dados foi realizado com *software* CG Postrun Analysis (Labsolutions-Shimadzu).

2.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à verificação dos pressupostos de variâncias homogêneas por meio do teste de Levene, normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk (ou kolmogorov) com auxílio do programa estatístico SPSS. Todos os testes a 0,05 de significância. Após o atendimento dos pressupostos, com o auxílio do programa estatístico Sisvar[®] (FERREIRA, 2008), as médias dos parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (vide ANEXO); e as médias dos tratamentos dos cultivos em ambientes com tela foram comparados com o cultivo a pleno sol, utilizando o teste de Scheffé, sendo o contraste utilizado: cultivares em ambiente com telas (tela azul + pérola + preta + vermelha) *versus* cultivares a pleno sol.

Os dados das cultivares sob telas fotosseletivas de cada época de cultivo (primavera/verão e outono/inverno) foram submetidos à análise de variância conjunta (vide ANEXO).

Foi considerado modelo estatístico de acordo com Vencovsky e Barriga (1992):

$$Y_{ijk} = \mu + (b/a)_{jk} + g_i + a_j + g_{aij} + \varepsilon_{ijk}$$

Sendo: Y_{ijk} , observação no K-ésimo bloco, avaliado no i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente; μ , média geral do ensaio; $(b/a)_{jk}$, efeito do bloco k dentro do ambiente j; g_i , efeito do genótipo i; a_j , efeito do ambiente j; g_{aij} efeito da interação entre o genótipo e o ambiente j; ε_{ijk} : erro aleatório associado à observação ijk .

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com auxílio do programa estatístico Sisvar[®] (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Índices de clorofila e fluorescência

Constatou-se efeito significativo para índice de clorofila “a” entre cultivo a pleno sol e com o uso de telados pelo teste de Scheffé. O uso dos telados proporcionou maior índice de clorofila “a”. Para clorofila “b” não houve efeito significativo (TAB. 12). Além do espectro de luz, o nível de sombreamento interfere na produção destes pigmentos, as plantas cultivadas com maior sombreamento apresentam maiores teores de clorofila, pois nestas condições elas necessitam de clorofila adicional para capturar radiação difusa (TAIZ; ZEIGER, 2013). Nesse sentido, Ilić et al. (2015) verificaram maior efeito da tela preta no acúmulo de clorofila “a” e “b” em tomate em comparação com telas pérola, azul e vermelha, todas apresentando 40% de sombreamento.

TABELA 12 – Contrastes de Índice Clorofilog de clorofila “a” (ICF) e “b” (ICF) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno), comparando o cultivo em ambientes com telas (azul, pérola, preto e vermelha) com o cultivo a pleno sol

CONTRASTE	CLOROFILA “A” ¹	CLOROFILA “B” ¹
Com telado	30,2 a	8,0
Pleno sol	28,6 b	7,3

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F

¹ Variáveis transformadas por \sqrt{x}

Fonte: base de dados da pesquisa

Paulus et al. (2016) ao avaliarem o cultivo de manjeriço sob malhas fotoconversoras aluminizada, preta, vermelha, todas com 50% de interceptação de radiação solar, e em cultivo a pleno sol, também não verificaram efeito significativo em relação ao teor de clorofila “a” e “b”.

Plantas cultivadas na primavera/verão apresentaram maiores índices de clorofila “a” (TAB. 13). As condições do cultivo de primavera/verão, temperaturas mais elevadas, maior umidade relativa do ar e maiores precipitações (TAB. 11), proporcionaram melhores condições para a produção

a produção de clorofila “a”, tendo em vista que o manjeriço desenvolve-se melhor em clima quente e úmido (MINAMI et al., 2007).

TABELA 13 – Médias de índice de clorofila “a” (ICF) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

ÉPOCA	COLORIFILA “A”
Primavera/verão	32,1 a
Outono/inverno	28,2 b
CV1 = 3,4%	CV2 = 5,2%
	DMS _{Época} = 0,10*

Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, dentro de cada ambiente, a 0,05 de significância.

DMS – Diferença mínima significativa do teste de Tukey

* dados transformados por \sqrt{x} .

Fonte: base de dados da pesquisa

Também Stagnari et al. (2018) verificaram maiores teores de clorofila “a” e “b” em manjeriço na época de verão quando comparado com o cultivo na primavera na Itália. Segundo os autores, a diferença entre as estações de cultivo está relacionada com a temperatura do ar e as condições de duração do dia; e as temperaturas no verão foram mais elevadas em relação à primavera. Essa condição proporcionou melhores condições para o desenvolvimento do manjeriço.

Plantas cultivadas em ambiente com tela pérola apresentaram menores índices de clorofila “a”, diferindo estatisticamente dos demais ambientes (TAB. 14). Além do espectro de luz, o nível de sombreamento interfere na produção desses pigmentos. As plantas cultivadas com maior sombreamento apresentam maiores teores de clorofila, pois nessas condições elas necessitam de clorofila adicional para capturar radiação difusa (TAIZ; ZEIGER, 2013). As médias menores de teor de clorofila “a” apresentadas por plantas cultivadas sob tela pérola podem ser explicadas pelo fato de estas apresentarem a maior transmissão de luz difusa entre as telas testadas; com isso, as plantas necessitam de menor teor de pigmento para captação de luz.

TABELA 14 – Médias de índice de clorofila “a” (ICF) A de plantas de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em ambientes com telas (azul, pérola, preto e vermelha)

AMBIENTE	COLOROFILA “A”
Azul	30,7 a
Pérola	28,3 b
Preta	30,6 a
Vermelha	30,9 a
CV1 = 3,4%	CV2 = 5,2% DMS _{Ambiente} = 0,14*

Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey dentro de cada ambiente, a 0,05 de significância

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

* dados transformados por \sqrt{x}

Fonte: base de dados da pesquisa

A cultivar Anise apresentou os maiores índices de clorofila “a” (TAB. 15). O teor diferente de clorofila entre as cultivares representa uma característica inerente do material genético de cada cultivar. Martins et al. (2012) encontraram resultados semelhantes aos deste trabalho. Verificaram teores diferentes de clorofila em função do material genético analisado.

TABELA 15 – Índice de clorofila “a” (ICF) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita)

VARIEDADE	COLOROFILA “A”
Anise	31,9 a
Cinnamon	30,4 ab
Italian Large Leaf	28,5 b
Maria Bonita	29,7 b
CV1 = 3,4%	CV2 = 5,2% DMS _{Cultivar} = 0,18*

Médias seguidas por letras iguais e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey dentro de cada ambiente, a 0,05 de significância

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

* dados transformados por \sqrt{x}

Fonte: base de dados da pesquisa

As condições climáticas do cultivo de primavera/verão foram favoráveis às plantas de manjeriço; e, assim, o ambiente de cultivo proporcionado pelas telas fotoseletivas não foi fundamental para promover modificações na produção de clorofila “b” (TAB. 16). Porém, no cultivo de outono/inverno, as telas fotoseletivas apresentaram efeito significativo, pois as cultivares Anise, Cinnamon e Italian Large Leaf apresentaram maiores índices de clorofila “b” quando cultivadas em ambientes com tela azul, enquanto na cultivar Maria Bonita o telado pérola proporcionou maiores índices (TAB. 16).

TABELA 16 – Índice de clorofila “b” (IFC) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em diferentes ambientes (telas azul, pérola, preta e vermelha) e em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

PRIMAVERA/VERÃO				
Ambiente	Cultivar			
	Anise	Cinnamon	Italian Large Leaf	Maria Bonita
Azul	9,8 Aa	9,8 A	8,0 Aa	7,6 Aa
Pérola	9,5 Aa	8,3 Aa	6,7 Aa	7,3 Aa
Preta	9,4 Aa	7,9 Aa	6,9 Aa	7,8 Aa
Vermelha	8,6 Aa	8,6 Aa	7,1 Aa	6,6 Aa
CV1 = 10,7%	CV2 = 10,9%	DMS _{Cultivar} = 0,60*		DMS _{Ambiente} = 0,56*
OUTONO/INVERNO				
Ambiente	Cultivar			
	Anise	Cinnamon	Italian Large Leaf	Maria Bonita
Azul	9,6 Aa	6,9 Aa	7,0 Aa	8,1 Aab
Pérola	5,7 Ba	6,0 Ba	5,9 Ba	10,5 Aa
Preta	10,7 Aa	8,5 ABa	6,9 Ba	6,4 Bb
Vermelha	9,9 Aa	7,7 ABa	6,5 Ba	7,4 ABab
CV1 = 10,7%	CV2 = 10,9%	DMS _{Cultivar} = 0,60*		DMS _{Ambiente} = 0,56*

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna a e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey dentro de cada época de cultivo, a 0,05 de significância

DMS – Diferença mínima significativa do teste de Tukey

* dados transformados por \sqrt{x} .

Fonte: base de dados da pesquisa

Ressalta-se que a cultivar Anise, em cultivo de outono/inverno, apresentou os maiores índices de clorofila “b” em quase todos os ambientes de cultivo. A clorofila “b” é um pigmento acessório, e seu aumento pode ser um indicativo de um mecanismo de proteção da planta em resposta a algum tipo de estresse abiótico, como o sombreamento causado pelas telas. Para as variáveis de fluorescência da clorofila (F_i , F_M , F_v , F_v/F_M , Area, S_M , ϕ_{Po} , ϕ_{Do} , ABS/RC) não houve efeito significativo entre cultivo a pleno sol comparado com plantas cultivadas sob telados (TAB. 17).

Ahlman, Bânkestad e Wik (2017) avaliaram os ganhos de fluorescência da clorofila em plantas de manjeriço cultivadas sob diferentes espectros de luz emitidos por lâmpadas de diodo emissor (LED). Concluíram que os ganhos de fluorescência foram apenas moderadamente afetados pelos espectros de luz na faixa do vermelho e do azul.

TABELA 17 – Contrastes de variáveis de fluorescência da clorofila (F_I , F_M , F_V , F_V/F_M , Area, S_M , ϕ_{Po} , ϕ_{Do} , ABS/RC) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno), comparando o cultivo em ambientes com telas (azul, pérola, preta e vermelha) com o cultivo a pleno sol

VARIÁVEIS DE FLUORESCÊNCIA	COM TELADO	PLENO SOL
F_I	6572,3	6436,8
F_M	11488,6	11405,0
F_V ¹	9987,3	9912,7
F_V/F_M ¹	0,8692	0,8701
Area ¹	9997038,5	9977799,3
S_M ¹	609610,3	580092,4
ϕ_{Po} ¹	0,8692	0,8701
ϕ_{Do} ¹	0,1308	0,1299
ABS/RC ¹	581,6	619,3

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste F

¹ Variáveis transformadas por \sqrt{x}

Fonte: base de dados da pesquisa

Para a variável F_I , que representa a intensidade de fluorescência a dois microssegundos, verifica-se que houve efeito significativo para as épocas de cultivo. Plantas de manjeriço cultivadas no outono/inverno apresentaram maior F_I em relação às cultivadas na primavera/verão (TAB. 18).

Verifica-se que para F_V , fluorescência variável, houve efeito significativo para época de cultivo. Plantas de manjeriço cultivadas na primavera/verão apresentaram maior F_V em relação aquelas de outono/inverno (TAB. 18).

Para Baker (2008) F_V está relacionado ao processo de transferência de energia dos elétrons dos pigmentos fotossintéticos para a composição de NADPH e ATP, e desta forma, representa maior capacidade de assimilação de CO_2 na fase bioquímica da fotossíntese. Desta forma, verifica-se que as condições da época de plantio de primavera/verão foram mais favoráveis para o transporte de energia no processo fotossintético.

TABELA 18 – Médias de F_i , F_v , F_v/F_M , Area e S_M de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno) e em diferentes ambientes de cultivo (telas azul, pérola, preto e vermelha)

ÉPOCA		F_i
Primavera/verão		6137,4 b
Outono/inverno		6953,0 a
CV1 = 14,9%	CV2 = 17,1%	DMS _{Época} = 351,13
ÉPOCA		F_v
Primavera/verão		10333,2 a
Outono/inverno		9611,4 b
CV1 = 0,96%	CV2 = 1,29%	DMS _{Época} = 0,01*
ÉPOCA		F_v/F_M
Primavera/verão		1,0000 a
Outono/inverno		0,8366 b
CV1 = 0,76%	CV2 = 0,76%	DMS _{Época} = 0,0007*
ÉPOCA		Area
Primavera/verão		12663654,0 a
Outono/inverno		7330424,0 b
CV1 = 2,2%	CV2 = 3,1%	DMS _{Época} = 0,07*
ÉPOCA		S_M
Primavera/verão		1206627,76 a
Outono/inverno		785,73 b
CV1 = 3,8%	CV2 = 4,8%	DMS _{Época} = 0,07 *

Médias seguidas por letras iguais na coluna dentro do mesmo parâmetro não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

* Para o parâmetro F_v , Area, S_M , Φ_{P_0} , Φ_{D_0} e ABS/RC dados transformados por log de x.

Fonte: base de dados da pesquisa

Valores mais elevados para os parâmetros F_v , F_v/F_M , Area e S_M no cultivo de primavera/verão mostram que essa época foi a que proporcionou condições melhores aos processos de captação e rendimento quântico de energia luminosa. As condições climáticas do cultivo de outono/inverno provocaram situação de estresse para as plantas de manjeriço, ou seja, fez com que os valores desses parâmetros diminuíssem em relação ao cultivo de primavera/verão (TAB. 18).

Figueiredo et al. (2020) verificaram que a fluorescência inicial (F_0), a variável (F_v) e a máxima (F_M) diminuíram com o aumento da concentração salina na água de irrigação de plantas de alfazema, indicando que a atividade da clorofila “a” foi reduzida, o que culminou em uma menor geração de energia, afetando o bom funcionamento da Rubisco e, logo, no processo de carboxilação do CO_2 .

F_v/F_M tem sido utilizado para detectar perturbações no sistema fotossintético provocado por algum tipo de estresse. Sua diminuição indica um declínio na eficiência fotoquímica do Fotossistema II e distúrbios — ou danos — no aparato fotossintético (AZEVEDO NETO et al., 2011). Embora os valores de F_v/F_M da época de outono/inverno tenha se apresentado dentro de parâmetros de normalidade (BÖJRKMAN; DEMMIG, 1987), é possível verificar que as condições ambientais adversas nesse período, como baixa umidade e temperatura do ar, precipitações reduzidas (TAB. 11), levaram à queda de desempenho fotossintético das plantas. Também Santos et al. (2020) verificaram F_v/F_M variando de 0,76 a 0,77 em cinco cultivares de manjeriço cultivadas em condições normais; enquanto Burducea et al. (2019), ao avaliarem o efeito da aplicação de fertilizante organomineral em solos erodidos, encontraram valores de F_v/F_M de 0,82 em plantas de manjeriço no tratamento testemunha, ou seja, sob condições normais, sem nenhum tipo de restrição ou estresse.

Para os parâmetros A_{rea} e S_M , a época de cultivo de primavera/verão proporcionou maiores valores, diferindo estatisticamente do cultivo de outono/inverno (TAB. 18). Para a variável F_M , fluorescência máxima no estado adaptado escuro, não houve diferença estatística significativa entre cultivares e épocas de cultivo (TAB. 19).

TABELA 19 – Médias de F_M de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

ÉPOCA	CULTIVAR			
	Anise	Cinnamon	Italian Large Leaf	Maria Bonita
Primavera/verão	10984,0 Aa	11747,5 Aa	11301,7 Aa	11796,0 Aa
Outono/inverno	11538,4 Aa	11062,4 Aa	11892,5 Aa	11542,2 Aa
CV1 = 10,3%	CV2 = 10,8%	DMS _{Cultivar} = 1376,2		DMS _{Época} = 1352,7

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

Fonte: base de dados da pesquisa

Para a variável F_v/F_M , que corresponde ao rendimento quântico máximo do PSII, onde ocorre a dissipação de energia pelo processo fotoquímico no processo de redução do NADP, também houve efeito da época de cultivo, na primavera/verão as plantas de manjeriço apresentaram maiores valores desta variável (TAB. 18). Houve efeito significativo, também, para F_v/F_M em relação às cultivares, em que Maria Bonita apresentou os maiores valores e Anise e Cinnamon os menores (TAB. 20). Isso sugere diferença genética em relação à eficiência fotoquímica.

TABELA 20 – Médias de F_v/F_M de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita)

CULTIVAR	F_v/F_M
Anise	0,9175 ab
Cinnamon	0,9146 b
Italian Large Leaf	0,9173 ab
Maria Bonita	0,9219 a
CV1 = 0,76%	CV2 = 0,76%
DMS _{Cultivar} = 0,0013*	

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

* dados transformados por log de x.

Fonte: base de dados da pesquisa

Os parâmetros ϕ_{P_0} , ϕ_{D_0} e ABS/RC confirmam que a época de cultivo de primavera/verão proporcionou condições melhores para o funcionamento do aparato fotossintético das plantas. Isso porque ϕ_{P_0} , que representa o rendimento quântico do transporte de elétrons, e ABS/RC, que é o fluxo de fótons absorvidos pelos pigmentos, foram maiores no cultivo de primavera/verão, diferindo estatisticamente do outono/inverno (TAB. 23). Segundo Govindjee (2011), a avaliação da fluorescência da clorofila em organismos fotossintéticos mostra queda em ϕ_{P_0} quando as plantas são expostas por algum período de tempo a fatores de estresse abiótico.

Para o rendimento de dissipação de energia, ϕ_{D_0} , os valores foram menores no cultivo de primavera/verão, ou seja, plantas cultivadas nessa época apresentaram melhor eficiência de uso de energia, perdendo menos por dissipação de calor (TAB. 21).

TABELA 21 – Médias de φ_{Po} , φ_{Do} e ABS/RC de cultivares de manjeriçao (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

ÉPOCA		φ_{Po}
Primavera/verão		1,0000 a
Outono/inverno		0,8366 b
CV1 = 0,76%	CV2 = 0,76%	DMS _{Época} = 0,0007*
ÉPOCA		φ_{Do}
Primavera/verão		0,09819 b
Outono/inverno		0,16334 a
CV1 = 6,0%	CV2 = 6,3%	DMS _{Época} = *
ÉPOCA		ABS/RC
Primavera/verão		1,17 a
Outono/inverno		1,29 b
CV1 = 46,3%	CV2 = 29,9%	DMS _{Época} = 0,17*

Médias seguidas por letras iguais na coluna dentro de cada parâmetro não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

* φ_{Po} , φ_{Do} e ABS/RC com dados transformados por log de x.

Fonte: base de dados da pesquisa

Houve efeito significativo para cultivares em relação ao parâmetro φ_{Do} . Italian Large Leaf apresentou os maiores valores, mostrando, assim, eficiência menor no uso de energia; enquanto Maria Bonita apresentou os menores valores, ou seja, o melhor desempenho nesse sentido (TAB. 22).

TABELA 22 – Médias de φ_{Do} de cultivares de manjeriçao (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita)

CULTIVAR	φ_{Do}
Anise	0,1317 ab
Cinnamon	0,1337 a
Italian Large Leaf	0,1315 ab
Maria Bonita	0,1260 b
CV1 = 6,0%	CV2 = 6,3%
DMS _{Cultivar} = 0,002*	

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância

DMS: diferença mínima significativa do teste de Tukey

* dados transformados por log de x

Fonte: base de dados da pesquisa

Pelo exposto até o momento, verifica-se que existe uma diferença na fotoquímica das plantas e indícios de que ela é inerente ao material genético. As cultivares Anise e Cinnamon têm alta eficiência na transmissão de elétrons, mas baixa eficiência fotoquímica; ou seja, absorvem muita energia, o que se explica pelos teores elevados de clorofila “a” (TAB. 15).

Todavia, grande parte dessa energia transmitida não vira poder redutor para a fase fotoquímica, o que significa menor eficiência fotoquímica (TAB. 20) e maiores perdas de energia na forma de fluorescência (TAB. 22). Parte dessa energia não utilizada para a produção de poder redutor foi usada para outros fins, o que justifica o aumento dos teores de clorofila b como efeito protetor, observado particularmente na cultivar Anise (TAB. 16). A cultivar Maria Bonita apresenta menor teor de clorofila “a”, demonstrando que necessita de quantidade menor de pigmentos para a captação de energia luminosa; ao mesmo tempo, apresenta o melhor rendimento quântico máximo do PSII, maiores valores de F_v/F_M (TAB. 20) e menores perdas de energia por dissipação (TAB. 22).

3.2 Teor e composição química do óleo essencial

Verifica-se, na Tabela 23, que não houve efeito significativo das telas fotosseletivas no teor de óleo essencial quando comparadas com o cultivo a pleno sol. Em trabalhos realizados com telas fotosseletivas para avaliar a produção de óleo essencial, é possível verificar resultados diversos. Isso deriva de fatores ambientais relacionados com época e local de cultivo, que estão interagindo simultaneamente com o efeito das telas. Além disso, o nível de sombreamento das telas e o material genético contribuem para a diversidade de resultados de produção de óleo essencial em plantas aromáticas.

Dessa forma, um dos possíveis fatores da não verificação do efeito das telas no teor de óleo essencial (TAB. 23) foi o nível de irradiância, pois as telas utilizadas neste trabalho foram de 20% de sombreamento. No trabalho de Rosal (2008), sobre o cultivo de boldo (*Plectranthus neochilus* Schlechter), houve maior teor de óleo essencial em plantas sob tela azul. As telas apresentavam 50% de sombreamento. Também Martins et al. (2008) verificaram efeito das telas com 50% de sombreamento: o teor de óleo essencial de *Ocimum gratissimum* sob malha azul foi de 1,19%, o que correspondeu a um acréscimo de 142% em relação ao teor verificado nas plantas crescidas a pleno sol.

TABELA 23 – Contraste do teor de óleo essencial de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita) cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno) comparando o cultivo em diferentes ambientes (telas azul, pérola, preto e vermelha) e a pleno sol

CONTRASTE	COM TELADO	PLENO SOL
Óleo (%)	1,1922	1,2037

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste F.

Fonte: base de dados da pesquisa

O cultivo de outono/inverno proporcionou médias maiores de teor de óleo essencial, diferindo estatisticamente do cultivo de primavera/verão (TAB. 24). Padalia et al. (2017) verificaram que a época de cultivo interfere no rendimento do óleo essencial de manjeriço. Pinto et al. (2019) constataram diferenças na produção de óleo essencial entre duas estações de cultivo em cultivares de manjeriço, o teor de óleo essencial variou de 0,66% a 3,21% no cultivo de época seca e de 0,80% a 4,20% na estação chuvosa.

Maiores teores de óleo essencial na época de outono/inverno podem estar relacionados com o fato de que a via de biossíntese de alguns compostos pode ter influência de fatores de estresse ambiental. Com efeito, Mandoulakani et al. (2017) verificaram que há expressão de genes que envolvem a biossíntese de fenilpropanoides sob estresse hídrico, acarretando no aumento de produção de componentes do óleo essencial de manjeriço.

TABELA 24 – Médias de teor de óleo essencial (%) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita), cultivadas em duas épocas de plantio (primavera/verão e outono/inverno)

ÉPOCA	ÓLEO (%)
Primavera/verão	0,7062 b
Outono/inverno	1,6794 a
CV1 = 73,6%	CV2 = 78,0%
	DMS _{Época} = 0,3276

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

DMS – Diferença mínima significativa do teste de Tukey

Fonte: base de dados da pesquisa

Houve efeito significativo para as cultivares. Maria Bonita apresentou maior teor de óleo essencial, diferindo das demais cultivares (TAB. 25). Esta cultivar apresentou teor de óleo essencial 137% maior do que Italian Large Leaf, cultivar com a menor média entre as analisadas, e 78% maior do que Cinnamon, que produziu a segunda maior média de teor de óleo essencial.

TABELA 25 – Médias de teor de óleo essencial (%) de cultivares de manjeriço (Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita)

CULTIVAR	ÓLEO (%)
Anise	0,8691 b
Cinnamon	1,0974 b
Italian Large Leaf	0,8252 b
Maria Bonita	1,9543 a
CV1 = 73,6%	CV2 = 78,0%
	DMS _{Cultivar} = 0,6110

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. DMS – Diferença mínima significativa do teste de Tukey.

Fonte: base de dados da pesquisa

O resultado apresentado pela cultivar Maria Bonita pode estar relacionado com os dados expostos antes. Ela apresentou necessidade de teores menores de clorofila “a” para captação de energia luminosa, além de eficiência maior quanto a transformar a energia luminosa em poder reductor para fixar carbono. Resulta, assim, em uma cultivar com teor maior de óleo essencial. Segundo Chang, Alderson e Wright (2008), a síntese de óleos voláteis tem uma relação muito próxima do metabolismo primário: quanto mais fotossintatos são produzidos, mais metabólitos secundários se acumulam.

Houve efeito significativo das telas e da época de cultivo na composição química do óleo essencial das cultivares analisadas (TAB. 26). Para o constituinte químico 1,8 cineol, a época de primavera/verão promoveu maiores teores, de modo que a tela pérola induziu a teores maiores para as cultivares Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita. Para Anise, maiores teores de 1,8 cineol foram verificadas sob tela azul (TAB. 26).

TABELA 26 – Teor dos principais constituintes do óleo essencial (%) das cultivares Anise, Cinnamon, Italian Large Leaf e Maria Bonita cultivadas em diferentes ambientes (tela azul, pérola, preta e vermelha) em épocas de primavera/verão e outono/inverno (UFU, 2020)

Cul	Am	1,8 cineol		Linalol		Metil Chavicol		α -(E)-bergamoteno		Germacreno-D		Terpnen-4-ol		epi- α -cadinol		Eugenol		Geraniol		(E)-cinamato de metila		
		Época		Época		Época		Época		Época		Época		Época		Época		Época		Época		
		P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	
A	Az	10,29 Aa	7,52 Ba	0,22 Bb	0,47 Ab	76,61 Ac	75,96 Bb	-	-	1,04 Aa	0,84 Bb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pe	8,57 Ac	6,61 Bc	0,22 Bb	1,70 Aa	78,45 Ab	75,57 Bc	-	-	0,99 Aab	0,85 Bb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Pr	9,28 Ab	6,59 Bc	0,25 Bab	0,44 Ab	76,37 Ad	74,56 Bd	-	-	0,83 Bc	1,07 Aa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Ve	7,58 Ad	7,21 Bb	0,28 Ba	0,37 Ac	78,88 Aa	76,48 Ba	-	-	0,95 Ab	0,83 Bb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CV (%)	0,54		2,58		0,12		-		2,96		-		-		-		-		-		
C	Az	2,03 Ac	1,31 Bd	36,07 Aa	27,96 Be	20,36 Ab	10,54Bb	-	-	1,47 Bc	1,85 Ab	1,48 Aa	0,80 Bd	1,20 Bc	1,95 Ab	-	-	-	-	28,46 Bd	30,74 Aa	
	Pe	3,04 Aa	1,28 Bd	23,54 Bd	32,66 Ac	1,58 Bd	10,70 Ab	-	-	1,58 Bb	2,08 Aa	1,00 Ac	0,90 Bc	1,40 Ba	2,34 Aa	-	-	-	-	57,77 Aa	21,57 Bc	
	Pr	1,72 Bd	2,55 Ab	32,52 Bc	37,37 Aa	12,38Ac	10,64 Bb	-	-	2,47 Aa	2,10 Ba	1,21 Ab	1,20 Ab	1,25 Bb	1,60 Ac	-	-	-	-	38,06 Ac	19,69 Bd	
	Ve	1,82 Bd	3,06 Aa	24,08 Bd	30,38 Ad	24,13Aa	12,33 Ba	-	-	1,40 Ad	1,29 Bc	0,68 Bd	1,34 Aa	1,22 Bbc	1,50 Ad	-	-	-	-	39,43 Ab	28,59 Bb	
	CV (%)	0,82		0,85		0,67		-		1,46		1,52		1,24		-		-		0,99		
ILL	Az	8,84 Ab	4,54 Bd	61,49 Ad	52,53 Ba	-	-	4,92 Ac	1,74 Bc	1,39 Bc	1,65 Ab	-	-	3,83 Bb	3,97 Ab	7,88 Ab	0,33 Bc	-	-	-	-	
	Pe	9,85 Aa	4,39 Be	61,26 Ad	44,85 Be	-	-	6,23 Aa	1,85 Bb	1,47 Bb	1,86 Aa	-	-	3,71 Bc	5,09 Aa	6,80 Ad	0,24 Bd	-	-	-	-	
	Pr	7,77 Ad	5,45 Bc	62,18 Ac	52,06 Bb	-	-	5,36 Ab	1,83 Bb	1,31 Bd	1,68 Ab	-	-	4,21 Aa	3,88 Bc	10,49 Aa	0,18 Be	-	-	-	-	
	Ve	7,30 Ae	6,01 Ba	66,64 Aa	51,32 Bc	-	-	4,47 Ad	1,95 Ba	1,62 Aa	1,32 Bc	-	-	3,42 Bd	3,70 Ad	6,90 Ac	1,02 Ba	-	-	-	-	
	CV (%)	0,46		0,24		-		0,47		0,68		-		0,66		0,4		-		-		
MB	Az	5,16 Bc	5,55 Aa	72,40 Aa	71,49 Ba	-	-	1,81 Ad	1,81 Ad	-	-	-	-	1,15 Bb	1,72 Ad	-	-	15,25 Aa	11,89 Ba	-	-	
	Pe	5,77 Aa	5,20 Bb	71,91 Ac	70,92 Bb	-	-	2,01 Ab	1,93 Bc	-	-	-	-	1,14 Bb	2,05 Ac	-	-	14,63 Ab	11,38Bbc	-	-	
	Pr	5,74 Aab	4,98 Bc	72,3Aab	68,17 Bc	-	-	2,16 Ba	2,57 Aa	-	-	-	-	1,14 Bb	2,47 Aa	-	-	14,19 Ac	11,83 Ba	-	-	
	Ve	5,62 Ab	4,93 Bc	72,1 Abc	71,56 Ba	-	-	1,90 Bc	2,06 Ab	-	-	-	-	1,26 Ba	2,21 Ab	-	-	14,92 Ab	11,21 Bc	-	-	
	CV (%)	0,63		0,12		-		0,79		-		-		1,81		-		0,96		-		

Médias seguidas por letras iguais minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem ente si pelo teste de Tukey a 0,05% de significância dentro de cada cultivar. Cul=Cultivar; A=Anise; C=Cinnamon; ILL=Italian Large Leaf; MB=Maria Bonita; P/V=primavera/verão; O/I=outono/inverno; Am=Ambiente; Az=Azul; Pe=Pérola; Pr=Preta; Ve=Vermelha
Fonte: base de dados da pesquisa

Silva et al. (2017) verificaram que a época de colheita afetou a composição do óleo essencial de lavanda. Houve aumento no teor 1,8 cineol. Tais resultados estão relacionados com o estágio de desenvolvimento das plantas e, também, com fatores relativos à sazonalidade ambiental. São fatores correlacionados que influenciam o metabolismo secundário das plantas.

Para o linalol, constituinte principal da cultivar Maria Bonita, a época de primavera/verão favoreceu a biossíntese maior em todos os tipos de tela; porém, em combinação com a tela azul, ocorreu teores mais elevados desse composto (TAB. 26). Também Smitha e Tripathy (2016) verificaram produção maior de linalol em cultivares de manjerição no período chuvoso.

Quanto à cultivar Italian Large Leaf, o cultivo de primavera/verão aumentou os teores do linalol, porém resultados melhores foram encontrados sob tela vermelha (TAB. 26). A tela vermelha promoveu, ainda, resultados melhores em combinação com o cultivo de primavera/verão para o metil chavicol nas cultivares Anise e Cinnamon (TAB. 26). Também Buthelezi et al. (2016) verificaram que a tela vermelha e a tela pérola promoveram a maior produção de compostos voláteis que fazem parte do óleo essencial de coentro. Os autores levantam a possibilidade de que esses espectros de luz podem estar estimulando a produção de voláteis por causa da conversão do fitocromo Pr inativo no Pfr biologicamente ativo e influenciando a atividade da lipoxigenase.

Nas cultivares Anise e Cinnamon, cabe frisar, houve alta eficiência na transmissão de elétrons e baixa eficiência na conversão dessa energia em poder redutor para a fase de fixação de carbono. Isso significa que parte da energia captada foi utilizada para outros fins, o que justifica o aumento dos teores de clorofila b como efeito protetor e, possivelmente, maior ativação do fitocromos.

O resultado relacionado com a tela vermelha pode se referir aos fitocromos, pigmentos que captam comprimentos de onda na faixa espectral do vermelho, comprimentos de onda entre 660 a 730 nm (TAIZ; ZEIZER, 2013).

Os filtros (telas) no comprimento de onda na faixa do vermelho e infravermelho favorecem a ativação dos fitocromos e a diferenciação maior de gemas em estruturas reprodutivas em relação às vegetativas, o que leva a maior produção de flores e frutos. O uso de telas vermelhas é comum na

floricultura e olericultura para aumentar a produção e a qualidade de flores e frutos, pois direciona a energia capturada e carbono fixado para a produção. Filtrando-se o vermelho e o infravermelho, há aumento da quantidade de elétrons no fotossistema, induzindo à produção de pigmentos de proteção contra a fotoxidação, o que é uma das funções da clorofila b, carotenoides e fitocromos.

Paulus et al. (2016) estudaram o manjeriço cv. Citrodorium cultivado sob tela vermelha e obtiveram maiores teores de linalol quando comparado com o cultivo em tela aluminizada, preta e cultivo a pleno sol.

Este trabalho evidencia que as plantas cultivadas na primavera/verão apresentam teores mais elevados de metil chavicol em relação ao cultivo de outono/inverno (TAB. 26). Tais resultados corroboram os encontrados por Padalia et al. (2017), que verificaram maior produção de metil chavicol em cultivares de manjeriço na estação chuvosa na Índia. Enquanto Verma, Padalia e Chauhan (2011) verificaram maior concentração de metil chavicol na estação de cultivo de primavera/verão em comparação com a estação de chuva/outono, Pinto et al. (2019) constataram produção maior de metil chavicol em cultivares de manjeriço cultivados em época de primavera/verão em comparação com outono/inverno.

O eugenol, outro constituinte importante da cultivar Italian Large Leaf, apresentou seu teor favorecido pelo cultivo de primavera/verão em combinação com o telado preto. Assim, pode-se afirmar que a produção de eugenol é favorecida pelo sombreamento, e não pela filtragem diferencial de comprimentos de onda. Chang, Anderson e Weight (2008) verificaram que a produção de eugenol é maior em pleno sol e vai diminuindo com o aumento do sombreamento, porém a planta tolera certo nível de sombreamento, pois este reduz a temperatura da folha. No trabalho desenvolvido por Milenković et al. (2019), o aumento no teor de eugenol em manjeriço cultivar Genovese foi observado em ambientes com tela azul em comparação com telas pérola, vermelha, ambas com 50% de sombreamento, e cultivo a pleno sol.

O constituinte (E)-cinamato de metila, importante composto produzido pela cultivar Italian Large Leaf, apresentou maiores teores quando as plantas foram cultivadas na primavera/verão e sob telados pérola (TAB. 26).

A produção de maiores teores da maioria dos principais constituintes do óleo essencial das cultivares analisadas na época de primavera/verão se explica à luz de Alcantara et al. (2018): a temperatura e a umidade do ar são fatores que podem modificar o funcionamento do metabolismo secundário da planta, induzindo-a na produção de determinados compostos.

Para Rehman et al. (2016), a temperatura é o fator ambiental mais importante na produção de terpenos em plantas aromáticas, pois sua liberação é mais ativa em climas quentes. Há essa característica porque as atividades da maioria das enzimas que catalisam a síntese de compostos orgânicos voláteis são estimuladas pela temperatura. Nas plantas aromáticas, os terpenos atuam refletindo a luz solar, promovendo, assim, o controle da temperatura das plantas.

Após episódios frequentes de temperatura elevada, as folhas com emissão de isopreno ou monoterpene mantêm altas taxas de fotossíntese em comparação com as folhas não emissivas; os terpenos fornecem meios rápidos de proteção térmica antes que moléculas termoprotetoras mais complexas sejam sintetizadas pelas plantas (REHMAN et al., 2016). Nesse sentido, foi possível observar maior produção do isopreno Geraniol na época de cultivo de primavera/verão na cultivar Maria Bonita — que apresentou eficiência fotoquímica maior, convém lembrar.

Como dizem Chang, Alderson e Wright (2008), a síntese de óleos voláteis tem uma relação muito próxima do metabolismo primário: quanto mais fotossintatos são produzidos, mais metabólitos secundários se acumulam. Esses fatos podem explicar o melhor desempenho fotossintético das plantas em época de primavera/verão e o maior teor de alguns constituintes do óleo essencial das cultivares. Além disso, em períodos de temperatura e umidades baixas, como no outono/inverno, pode ocorrer diminuição de compostos do óleo essencial por causa de sua degradação para o funcionamento do metabolismo primário (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Enfim, vale ressaltar que a composição do óleo essencial de manjeriço é afetada por fatores que atuam simultaneamente: condições edafoclimáticas do local de crescimento (AKBARI et al., 2018), características genéticas da cultivar, técnicas agronômicas (PADALIA et al, 2017) e outros. Assim, torna-se difícil encontrar um padrão de resultados para as telas fotosselativas.

4 Conclusões

A época de cultivo de primavera/verão proporcionou melhores condições para o funcionamento do aparato fotossintético das plantas. O melhor rendimento fotossintético das plantas na primavera/verão e as condições de maior umidade e temperatura em tal período de cultivo proporcionaram teor maior dos constituintes principais do óleo essencial das cultivares.

A cultivar Maria Bonita apresentou rendimento melhor do aparato fotossintético, logo, mais teor de óleo essencial.

As telas não promoveram variação nos índices de fluorescência da clorofila e no teor de óleo essencial, porém alteraram a concentração dos constituintes principais dos óleos essenciais em todas as cultivares. A tela azul no cultivo de primavera/verão aumentou o teor de linalol nas cultivares Cinnamon e Maria Bonita. A tela vermelha aumentou o teor de linalol na cultivar Italian Large Leaf e de metil chavicol nas cultivares Anise e Cinnamon em cultivo de primavera/verão. A tela pérola em cultivo de primavera/verão elevou o teor de (E)-cinamato de metila na cultivar Cinnamon.

Referências

ABRÃO, M. E. G. **Determinação dos parâmetros físico-meteorológico para estimativa da evapotranspiração potencial, caracterização e classificação do clima em Ituiutaba**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

AHLMAN, L.; BÅNKESTAD, D.; WIK, T. Using chlorophyll a fluorescence gains to optimize LED light spectrum for short term photosynthesis. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 142, p. 224–234, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.07.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169917303319>. Acesso em: 9 mar. 2019.

AKBARI, G. A.; SOLTANI, E.; BINESH, S.; AMINI F. Cold tolerance, productivity and phytochemical diversity in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) accessions. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, v. 124, p. 677– 684, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.048>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669018307465>. Acesso em: 20 ago. 2020.

ALCANTARA, F. D. O.; SILVA, T. I.; MACIEL, T. C. M.; MARCO, C. A.; SILVA, F. B. Teor e fitoquímica de óleo essencial de manjeriço em diferentes horários de colheita. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, MS, v. 5, n. 4, p. 1 - 6, out./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.1682>. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1682>. Acesso em: 16 jun. 2020.

AZEVEDO NETO, A. D.; PEREIRA, P. P. A.; COSTA, D. P.; SANTOS, A. Carla C. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 42, n. 4, p. 893 - 897, out./dez, 2011. Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1757/623>. Acesso em: 11 fev. 2020.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of plant biology**, Palo Alto, Calif. v. 59, p. 89 – 113, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18444897/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

BARBIERI JUNIOR, E.; ROSSIELLO, R. O. P.; SILVA, R. V. M. M.; RIBEIRO, R. C.; MORENZ, M. J. F. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2242-2245, dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000109>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782012001200022&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 30 set. 2019.

BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS NETO, A. L.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C.

Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjeriço e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 113 - 116, jan./mar 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000100024>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362004000100024. Acesso em: 24 jan. 2020.

BLANK, A. F.; SOUZA, E. M. ARRIGONI-BLANK, M. de, F.; PAULA, J. W. A. de; ALVES, P. B. Novas cultivares Maria Bonita: cultivar de manjeriço tipo linalol. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1811-1813, dez. 2007a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001200020>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007001200020. Acesso em: 12 dez. 2019.

BLANK, A. F.; ROSA, Y. R. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS, C. A.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ARRIGONI-BLANK, E. S. N.; ALVES, P. B. A diallel study of yield components and essential oil constituents in basil (*Ocimum basilicum* L.). **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, New York, v. 38, p. 93–98, 2012. DOI:10.1016/j.indcrop.2012.01.015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669012000507>. Acesso em: 10 fev. 2020.

BÖJRKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, Berlin, DE: Springer Verlag, v. 170, p. 489–504, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00402983>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00402983>. Acesso em: 3 abr. 2020.

BUTHELEZI, M. N. D.; SOUNDY, P.; JIFONA, J.; SIVAKUMAR, D. Spectral quality of photo-selective nets improves phytochemicals and aroma volatiles in coriander leaves (*Coriandrum sativum* L.) after postharvest storage. **Journal of Photochemistry & Photobiology**, Amsterdam, v. 161, p. 328–334, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.05.032>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27295414/>. Acesso em: 17 abr. 2020.

CAROVIĆ-STANKO, K; LIBER, Z.; BESENDORFER, V.; JAVORNIK, B.; BOHANEK, B.; KOLAK, I.; SATTOVIC, Z. Genetic relations among basil taxa (*Ocimum* L.) based on molecular markers, nuclear DNA content, and chromosome number. **Plant Systematics and Evolution**, New York, US, v. 285, p. 13 – 22, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0251-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00606-009-0251-z>. Acesso em: 15 mar. 2019.

CARVALHO FILHO, J. L. S.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; EHLERT, P. A.D.; MELO, A S.; CAVALCANTI, S. C.H.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacologia**, Paraná, v. 6, n. 1, p. 24-30, jan./mar. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2006000100007>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2006000100007. Acesso em: 10 jun. 2020.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT C. J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils.

Environmental and experimental botany, Oxford, Elmsford, New York, v. 63, p. 216-223, 2008. doi:10.1016/j.envexpbot.2007.10.017. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.10.017>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S009884720700192X>.

Acesso em: 10 set. 2019.

COSTA, A. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTANA, A. D. D.; SANTOS, D. A.; ALVES, P. B.; BLANK, A. F. Chemical diversity in basil (*Ocimum* sp.) germplasm. **The Scientific World Journal**, Boynton Beach, FL, v. 2015, p. 1 – 9, 2015. Doi:

<http://dx.doi.org/10.1155/2015/352638>. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25629084/>. Acesso em: 7 de jun. 2019.

FERREIRA, D. F. 2008. **SISVAR**: sistema de análises de variância de dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Versão 4.3. Lavras:UFLA.

FIGUEIREDO, F. R. A.; NÓBREGA, J. S.; FÁTIMA, R. T.; SILVA, T. I.; NASCIMENTO, R. G. S.; BRUNO, R.L. A. Crescimento e fluorescência de alfazema submetida ao osmocondicionamento das sementes e à salinidade. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, Maringá, v. 13, p. 1251 – 1262, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n4p1251-1262>.

Disponível em:

<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/7633>. Acesso em: 23 dez. 2019.

GOVINDJEE, A. S. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transiente. **Journal of photochemistry and photobiology B: biology**, Amsterdam, v. 104, p. 236 – 257, 2011. DOI:

10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21295993/>. Acesso em: 14 jan. 2020.

ILIC, Z. S.; MILENKOVIC, L.; ŠUNIC, L.; FALLIK, E. Effect of Colored Shade Nets on Plant Leaf Parameters and Tomato Fruit Quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 95, n. 13, p. 2660 – 2667, 2015. DOI: 10.1002/jsfa.7000. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/journal/Journal-of-the-Science-of-Food-and-Agriculture-1097-0010>. Acesso em: 30 out. 2019.

JULIANI, H. R.; SIMON, J. E. Antioxidant activity of basil. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (ed.). **Trends in new crops and new uses**. Alexandria, ASHS Press, 2002.

MANDOULAKANI, B. A.; EYVAZPOUR, E.; GHADIMZADEH, M. The effect of drought stress on the expression of key genes involved in the biosynthesis of phenylpropanoids and essential oil components in

basil (*Ocimum basilicum* L.). **Phytochemistry**, Oxford, England, v. 139, p. 1 – 7, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2017.03.006>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28366608/>. Acesso em: 10 set. 2019.

MANUAL FLUORPEN. **FluorPen FP 110**, PAR-FluorPen FP 110, Monitoring Pen MP 100. 2020. Disponível em: < http://www.vtpup.cz/common/manual/PrF_biofyz_PSI_FluorPenFP100_manual_EN.pdf. Acesso em: 1 ago. 2019.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B.; SILVA, A. P. O. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai.**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 102-107, 2008.

MARTINS, F. F.; MENDES, A. D. R.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Pós-colheita de três variedades de manjeriço em função da temperatura e tempo de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, jul. 2012. Suplemento. 1 CD ROM.

MILENKOVIĆ, L.; STANOJEVIĆ, J.; CVETKOVIĆ, D.; STANOJEVIĆ, L.; D. LALEVIĆ, D.; ŠUNIC, L.; FALLIK, E.; ILIĆ, Z. S. New technology in basil production with high essential oil yield and quality. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, v. 140, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111718>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669019307289>. Acesso em: 25 dez. 2019.

MINAMI, K.; MELLO, S., C.; WATANABE, A., T. **A cultura do manjeriço. Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1811-1813, dez. 2007.

MORAIS, Lilia Aparecida Salgado de. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, agost. 2009. Suplemento. 1 CD ROM.

PADALIA, R. C.; VERMA, R. S.; UPADHYAY, R. K.; CHAUHAN, A.; SINGH, V. R. Productivity and essential oil quality assessment of promising accessions of *Ocimum basilicum* L. from north India. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, New York, v. 97, p. 79-86, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092666901630838X>. Acesso em: 1 jan. 2020.

PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; FERREIRA, S.B.; ZORZZI, I.C.; NAVA, G.A. Biomassa e composição do óleo essencial de manjeriço cultivado sob malhas fotoconversoras e colhido em diferentes épocas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, jan./mar. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160000100007>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-053620160000100046. Acesso em: 10 abr. 2020.

PERUMALSAMY, H.; KIM, J. Y.; KIM, J. R.; HWANG, K. N.; Ahn, Y. J. Toxicity of basil oil constituents and related compounds and the efficacy of spray formulations to *Dermatophagoides fariae* (Acari: Pyroglyphidae). **Journal of Medical Entomology**, Honolulu, Entomology Dept., v. 51, n. 3, p. 650 - 657, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1603/ME13235>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jme/article/51/3/650/901160>. Acesso em: 20 fev. 2020.

PINTO, J. A. O.; BLANK, Arie F.; NOGUEIRA, P. C. L.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANDRADE, T. M.; SAMPAIO, PEREIRA, K. L. G. Chemical characterization of the essential oil from leaves of basil genotypes cultivated in different seasons. **Boletín latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromáticas**, Lampa, Chile, v. 18, n. 1, p. 58 – 70, 2019. DOI: <https://doi.org/10.35588/blacpma.19.18.1.05>. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1007470>. Acesso em: 27 mar. 2019.

REHMAN, R.; HANIF, M. A.; MUSHTAQ, Z., AL-SADI, A. M. Biosynthesis of essential oils in aromatic plants: A review. **Food reviews international**, New v. 32, n. 2, p. 117 – 130, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2015.1057841>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559129.2015.1057841>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ROSAL, F. L. **Produção de biomassa, óleo essencial e características fisiológicas e anatômicas foliares de *Plectranthus neochilus* Schlechter em função da adubação orgânica, malhas coloridas e idade das plantas**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, G. B. S.; SÁ, F. V. da S.; COSTA, J. P. B. M.; FERNANDES, P. D. Photochemical efficiency of basil cultivars fertigated with salinized nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 5, p. 319-324, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n5p319-324>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662020000500319&script=sci_abstract. Acesso em: 27 jan. 2020.

SILVA, S. M.; LUS, J. M.; NOGUEIRA, P. A. M.; BLANK, A. F.; SAMPAIO, T. S.; PINTO, J. A. O.; JUNIOR, A. W. Organo-mineral fertilization effects on biomass and essential oil of lavender (*Lavandula dentata* L.). **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, n. 103, p. 133 – 140, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669017302248>. Acesso em: 7 jul. 2019.

SMITHA G.R.; TRIPATHY, Vandana. Seasonal variation in the essential oils extracted from leaves and inflorescence of different *Ocimum* species grown in Western plains of India. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, New York, v. 94, p. 52-64, 2016. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.041>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669016304903>.
Acesso em: 10 out. 2019.

STAGNARI, F.; DI MATTIA, C.; GALIENI, A.; SANTARELLI, V.; D'EGIDIO, S.; PAGNANI, G.; PISANTE, M. Light quantity and quality supplies sharply affect growth, morphological, physiological and quality traits of basil. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, New York, v. 122, p. 277–289, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.073>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669018304928>. Acesso em: 10 jun. 2020.

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic sample. *In*: YUNUS, M.; PATHRE, U.; MOHANTY, P. (ed.). **Probing Photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation**, Taylor and Francis, London, 2000. p. 445-483.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto alegre: Artmed, 2013.

VENCOVSKY, R., BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

VERMA, Ram S.; PADALIA, RAJENDRA C.; CHAUHANA, Amit. Variation in the volatile terpenoids of two industrially important basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars during plant ontogeny in two different cropping seasons from India. **Journal of the Science of food and agriculture**, v. 92, p. 626 – 631, 2012. DOI: 10.1002/jsfa.4620. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog?term=%22J+Sci+Food+Agric%22%5BTitle+Abbreviation%5D>. Acesso em: 22 abr. 2019.

ANEXO

TABELA 27 – Resumo da análise de variância conjunta dos parâmetros altura, biomassa fresca da parte aérea, biomassa seca da parte aérea, biomassa fresca de folha e flor de cultivares de manjeriço, cultivados em diferentes ambientes e em duas épocas de plantio

FV	QM					
	GL	A	BFPA	BSPA	BFF	BFI
Ambiente	4	286,85*	13,62	271,16*	19,78	21,191
Bloco	3	563,67	97,13	1495,98*	477,13	58,79*
Erro 1	12	64,387	13,73	45,41	30,65	9,54*
Época	3	3862,64	2542,43	346,96*	56,89	330,77
Cultivar	1	471,63	188,77	406,73*	219,73	764,75
Cultivar*Ambiente	12	68,94	10,26	56,07	8,26	6,71
Cultivar*Época	4	44,371	4,078	54,84	32,63	18,34
Ambiente*Época	3	571,42*	20,97	752,31*	27,231	107,83*
Cultivar*Ambiente*Época	12	74,22	14,71	54,47	9,922	19,14*
Erro 2	105	56,11	7,395	47,57	16,72	10,12
Total corrigido	159					
CV1 (%)		10,40	16,24	12,40	29,50	25,10
CV2 (%)		9,70	11,92	12,70	21,80	25,80

* Significativo pelo teste de F da análise de variância, a 0,05 de significância. A=altura; BFPA=biomassa fresca da parte aérea; BSPA=biomassa seca da parte aérea; BFI=biomassa fresca de inflorescência

TABELA 28 – Resumo do teste de Scheffé dos parâmetros altura, biomassa fresca da parte aérea, biomassa seca da parte aérea, clorofila “a”, clorofila “b”, biomassa fresca de folha e flor de cultivares de manjeriço, cultivados em diferentes ambientes e em duas épocas de plantio

Parâmetro	Altura	BFPA	BSPA	Cl“a”	Cl“b”	BFF	BFI
Estimativa	6,130	-1,0859	-2,481	0,144	0,136	-1,246	-1,444
DMS Scheffé	5,726	2,6438	4,808	0,158	0,232	3,950	2,204
NMS	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Variância	2,515	0,5361	1,773	0,001	0,004	1,197	0,372
Erro padrão	1,585	0,7322	1,331	0,044	0,064	1,094	0,610
t para H ₀ : Y = 0	3,866	-1,483	-1,863	3,283	2,123	-1,139	-2,366
Pr > t	0,002	0,164	0,087	0,007	0,055	0,277	0,036
F para H ₀ : Y = 0	14,943	2,199	3,471	10,776	4,509	1,297	5,598
Pr > F	0,002	0,164	0,087	0,007	0,055	0,277	0,036
Pr exata Scheffé	0,034	0,702	0,510	0,082	0,389	0,856	0,292

A=altura; BFPA=biomassa fresca da parte aérea; BSPA=biomassa seca da parte aérea; Cl“a”= clorofila “a”; Cl“b”=clorofila “b”; BFF=biomassa fresca de folha; BFI=biomassa fresca de inflorescência

TABELA 29 – Resumo da análise de variância conjunta dos parâmetros clorofila “a” e “b”, F_i, F_M, F_V de cultivares de manjeriço, cultivados em diferentes ambientes e em duas épocas de plantio

FV	QM					
	GL	Cl“a”	Cl“b”	F _i	F _M	F _V
Ambiente	4	0,45*	0,17	660360,79	867182,7	0,001597
Bloco	3	0,06	0,06	3323808,52	4019125,9	0,004734
Erro 1	12	0,03	0,09	961361,97	1410261,7	0,002142
Época	3	0,52*	0,94*	26607318,80*	33872,4	0,041777*
Cultivar	1	4,03*	0,25	1006757,33	1169459,6	0,003281
Cultivar*Ambiente	12	0,11	0,15	1093402,56	1502543,9	0,002800
Cultivar*Época	4	0,07	0,18	2077191,35	4135339,7	0,005971
Ambiente*Época	3	0,20	0,15	758229,04	1659351,0	0,003037
Cultivar*Ambiente*Época	12	0,09	0,19*	1161561,29	1259059,4	0,002237
Erro 2	105	0,08	0,09	1254432,94	1540378,9	0,002750
Total corrigido	159					
CV1 (%)		3,40	10,70	14,90	10,30	1,10
CV2 (%)		5,20	10,90	17,10	10,80	1,30

* Significativo pelo teste de F da análise de variância, a 0,05 de significância. Cl“a”=clorofila “a”; Cl“b”=clorofila “b”.

TABELA 30 – Resumo da análise de variância conjunta dos parâmetros F_V/F_M , Area, S_M , φ_{P_0} , φ_{D_0} e ABS/RC de cultivares de manjeriçã, cultivados em diferentes ambientes e em duas épocas de plantio

FV	GL	QM					
		F_V/F_M	Area	S_M	φ_{P_0}	φ_{D_0}	ABS/RC
A	4	0,000006	0,047709	0,037780	0,000006	1,648	0,495
Bloco	3	0,000213*	0,083770	0,070926	0,000213*	67,015	1,507
Erro 1	12	0,000004	0,024978	0,026426	0,000004		0,495
É	3	0,009281*	1,395135*	397,809295*	0,009281*	2143,641	262,734*
C	1	0,000026*	0,098177	0,077710	0,000026*	5,860	0,188
C*A	12	0,000003	0,034680	0,042175	0,000003	0,692	0,090
C*É	4	0,000006	0,040872	0,016299	0,000006	1,215	0,144*
A*	3	0,000004	0,015734	0,020253	0,000004	0,896	0,496
C*A*É	12	0,000004	0,039505	0,046656	0,000004	0,811	0,090
Erro 2	105	0,000004	0,043259	0,043175	0,000004	1,648	0,187
Total	159						
corrigido							
CV1 (%)		0,70	2,20	3,60	0,70	5,60	42,90
CV2 (%)		0,70	2,90	4,60	0,70	6,40	26,40

* Significativo pelo teste de F da análise de variância, a 0,05 de significância. C=cultivar; E=época; A=ambiente.

TABELA 31 - Resumo do teste de Scheffé dos parâmetros F_i , F_M , F_V , F_V/F_M , Area, S_M , φ_{P_0} , φ_{D_0} e ABS/RC de cultivares de manjeriçã, cultivados em diferentes ambientes e em duas épocas de plantio

Parâmetro	F_i	F_M	F_V	F_V/F_M	Area	S_M	φ_{P_0}	φ_{D_0}	ABS/RC
Estimativa	135,4	83,5	0,003	-0,000	0,112	-0,01	-0,000	0,000	-0,107
DMS Scheffé	699,6	847,4	0,033	0,001	0,05	0,116	0,001	0,002	0,502
NMS	0,05	0,05	0,05	0,05	0,0009	0,05	0,05	0,05	0,05
Variância	37553,2	55088,3	0,000	0,000	0,031	0,001	0,000	0,000	0,019
Erro padrão	193,7	234,7	0,009	0,0003	-0,34	0,032	0,000	0,000	0,139
t para $H_0: Y = 0$	0,699	0,356	0,404	-0,53	0,735	-0,4	-0,531	0,598	-0,776
Pr > t	0,498	0,728	0,693	0,605	0,120	0,64	0,605	0,561	0,453
F para $H_0: Y = 0$	0,489	0,127	0,163	0,282	0,735	0,220	0,282	0,357	0,602
Pr > F	0,498	0,728	0,693	0,605	0,998	0,647	0,605	0,561	0,453
Pr exata Scheffé	0,971	0,998	0,996	0,989	0,112	0,993	0,989	0,984	0,959

TABELA 32 – Resumo da análise de variância conjunta do teor e rendimento de óleo essencial de cultivares de manjeriçã, cultivados em diferentes ambientes e em duas épocas de plantio.

FV	GL	QM	
		Teor	Rendimento
Ambiente	4	0,369794	1,044615
Bloco	3	1,084868	4,513731*
Erro 1	12	0,714146	0,696784
Época	3	38,732995*	58,569324*
Cultivar	1	12,035176*	13,380560*
Cultivar*Ambiente	12	0,491892	0,334136
Cultivar*Época	4	0,531152	6,689554*
Ambiente*Época	3	0,621576	0,328784
Cultivar*Ambiente*Época	12	0,605360	0,900527
Erro 2	105	0,692637	0,725311
Total corrigido	159		
CV1 (%)		70,70	61,60
CV2 (%)		69,60	61,90

* Significativo pelo teste de F da análise de variância, a 0,05 de significância. C=cultivar; E=época; A=ambiente.

TABELA 33 – Resumo do teste de Scheffé dos parâmetros teor e rendimento de óleo essencial de cultivares de manjeriçã, cultivados em diferentes ambientes e em duas épocas de plantio

PARÂMETRO	TEOR DE ÓLEO	RENDIMENTO DE ÓLEO
Estimativa	-0,01145078	0,24853516
DMS Scheffé	0,60305252	0,59567678
NMS	0,05	0,05
Variância	0,02789632	0,02721812
Erro padrão	0,16702193	0,16497914
t para $H_0: Y = 0$	-0,069	-1,506
Pr > t	0,946	0,158
F para $H_0: Y = 0$	0,005	2,269
Pr > F	0,946	0,158
Pr exata Scheffé	1,000	0,690